

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

**Analýza pískovacího zařízení hnacích vozidel
nezávislé trakce ve vztahu k současným předpisům a
normám TSI**

**Analysis of Sanding Device of Independent Traction
Locomotives in Relation to Current Regulations and
Standards TSI**

Student:

Bc. Michal Osladil

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jan Famfulík, Ph.D.

Ostrava 2011

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Institut dopravy

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Michal Osladil**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T003 Dopravní technika a technologie
Specializace: 10 Kolejová doprava
Téma: Analýza pískovacího zařízení hnacích vozidel nezávislé trakce ve vztahu
k současným předpisům a normám TSI
Analysis of Sanding Device of Independent Traction Locomotives in
Relation to Current Regulations and Standards TSI

Zásady pro vypracování:

Cílem práce je posouzení konstrukčního řešení a technického stavu pískovacího zařízení na hnacích vozidlech nezávislé trakce a posouzení tohoto zařízení z pohledu platných předpisů a norem TSI. Navržení konstrukční úpravy či realizace nového zařízení pískování a návrh technologie údržby a měření parametrů v rámci používaného údržbového systému pro hnací vozidla.

Osnova:

1. Úvod
2. Rozbor normativních požadavků na činnost pískovacích zařízení
3. Analýza současného stavu pískovacích zařízení vozidel a použitých konstrukčních řešení
4. Návrh konstrukční úpravy pískovacího zařízení
5. Stanovení údržbového systému pro pískovací zařízení a způsobu měření parametrů
6. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

1. Müller a kol.: Mobilní prostředky a zařízení, II. díl, Ostrava: VŠB – TU Ostrava. 1999.
2. Famfulík J., Míková J., Krzyžanek R.: Teorie údržby. Ostrava: VŠB – TU Ostrava. ISBN 978-80-248-1509-1
3. Interní dokumentace ČD Cargo a.s. KVsl-B 2009
4. Technická dokumentace hnacích vozidel řady 742

010

011



by

prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 20.5.2011



podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 školní dílo.

- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).

- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě 20.5.2011

Osladil

podpis studenta

Adresa trvalého pobytu studenta

Bc. Michal Osladil

Hrabenov 100

Ruda nad Moravou, 789 63

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

OSLADIL, M. Analýza pískovacího zařízení hnacích vozidel nezávislé trakce ve vztahu k současným předpisům a normám TSI. Ostrava: Institut dopravy, Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2011, 66 s. Diplomová práce, vedoucí Famfulík, J.

Diplomová práce se zabývá posouzením konstrukčního řešení a technického stavu pískovacího zařízení hnacích vozidel nezávislé trakce. V práci jsou shromážděna možná konstrukční řešení pískovacího zařízení a požadavky na pískovací zařízení. Práce se dále zabývá technologií údržby a měřením parametrů tohoto zařízení. Výsledkem práce je navržená konstrukční úprava a stanovená technologie údržby pískovacího zařízení hnacích vozidel nezávislé trakce.

Klíčová slova: pískovací zařízení, písek, údržba

ANNOTATION OF DIPLOMA THESIS

OSLADIL, M. Operational Analysis of Sanding Device of Independent Traction Locomotives in Relation to Current Regulations and Standards TSI. Ostrava: Institute of Transportation, Faculty of Mechanical Engineering VŠB - Technical University of Ostrava, 2011, 66 p. Diploma thesis, head: Famfulík, J.

The thesis deals with judging of design and technical condition of sanding device of independent traction locomotives. There are compiled several options of design solution of sanding device and initial requirements for that. Technology of maintenance and measuring parameters of this device is handled there too. The result of the thesis is designed structural adjustment and given technology of maintenance of sanding device of independent traction locomotives.

Keywords: sanding device, sand, maintenance

Obsah

| | |
|--|-----------|
| 0. Úvod | 9 |
| 1. Rozbor normativních požadavků na činnost pískovacích zařízení..... | 10 |
| 1.1. Stanovené požadavky | 10 |
| 1.2. Adheze | 11 |
| 1.3. Křemičitý písek pro hnací vozidla..... | 13 |
| 1.4. Plnění písku do hnacích vozidel | 15 |
| 1.5. Zabezpečovací zařízení..... | 18 |
| 1.5.1. Rozdělení podle zabezpečené oblasti..... | 19 |
| 1.5.2. Prostředky pro zjištění volnosti úseků | 20 |
| 2. Analýza současného stavu pískovacího zařízení vozidel a použitých konstrukčních řešení | 23 |
| 2.1. Popis pískovacího zařízení vedeného pod číslem spisu CZ – 19312 - U1..... | 23 |
| 2.2. Popis pískovacího zařízení patentovaného pod číslem EP – 1612117..... | 26 |
| 2.3. Popis pískovacího zařízení vedeného pod číslem spisu CZ – U – 16648..... | 27 |
| 2.4. Popis pískovacího zařízení vedeného pod číslem spisu CZ – U – 21829..... | 29 |
| 2.5. Stávající řešení pískovacího zařízení vozidel nezávislé trakce | 29 |
| 3. Návrh konstrukční úpravy pískovacího zařízení..... | 33 |
| 3.1. Popis konstrukční úpravy navržené Ing. Princem a Ing. Bickem..... | 33 |
| 3.2. Navržená konstrukční úprava | 34 |
| 4. Stanovení údržbového systému pro pískovací zařízení a způsobu měření parametrů..... | 38 |
| 4.1. Stanovení údržbového cyklu pískovacího zařízení..... | 38 |
| 4.2. Stanovení údržbového cyklu elektropneumatického ventilu | 45 |
| 4.3. Navržení údržbového systému..... | 52 |
| 4.4. Způsob měření množství sypaného písku | 55 |
| 5. Ekonomické zhodnocení | 58 |
| 5.1. Stanovení počtu údržbových zásahů v jednom cyklu | 58 |
| 5.2. Výpočet ceny běžných oprav | 60 |
| 6. Závěr..... | 63 |
| 7. Seznam použitých pramenů..... | 65 |

Seznam použitých zkratk a symbolů

| | |
|-------------------------|--|
| AFS | velikost částic |
| Al_2O_3 | oxid hlinitý |
| B | běžná oprava (dříve označená jako neplánovaná) |
| ČD | České dráhy |
| DKV | depo kolejových vozidel |
| EPV | elektropneumatický ventil |
| Fe_2O_3 | oxid železitý |
| H | hlavní oprava |
| M | malá periodická prohlídka |
| O | provozní ošetření |
| PZZ | přejezdová zabezpečovací zařízení |
| SiO_2 | oxid siřičitý |
| SOKV | středisko oprav kolejových vozidel |
| SZZ | staniční zabezpečovací zařízení |
| TK | technická kontrola |
| TZZ | traťové zabezpečovací zařízení |
| VY | vyvazovací oprava |
| VZZ | vlaková zabezpečovací zařízení |

0. Úvod

Pískovací zařízení kolejových vozidel je už delší dobu velmi sledovaným tématem. Nesprávná funkčnost tohoto zařízení může mít za následek i vážné nehody, jakou byla například nehoda ze dne 19. května 1998, která se stala v Moravanech na Pardubicku.

Drážní inspekce, která nehodu vyšetřovala, dospěla k závěru, že k nehodě došlo kvůli poruše na kaskádním ventilu pískovacího zařízení. Vlivem poruchy bylo mezi kolej a kolo hnacího vozidla vysypáno velké množství písku, což mělo za následek odizolování kola hnacího vozidla od koleje. Vlivem odizolování se stal vlak pro zabezpečovací zařízení neviditelným.

Pískovací zařízení má za úkol zvyšování adheze při rozjíždění nebo brzdění kolejového vozidla. Při brzdění kolejových vozidel zabraňuje pískování pomocí zvýšení adheze prokluzu kol, při kterém se jinak na jízdni ploše kol vytvářejí vlivem tření plošky, což je nežádoucí.

Z těchto důvodů je zapotřebí, aby pískovací zařízení správně a rychle plnilo svoji funkci a vyhovovalo současným předpisům a normám.

Cílem této práce je navrhnout konstrukční úpravu současného pískovacího zařízení a navrhnout technologii jeho údržby.

1. Rozbor normativních požadavků na činnost pískovacích zařízení

Pískování má za úkol zvýšit součinitel adheze mezi kolem a kolejnicí. Písek pro hnací vozy musí splňovat stanovené požadavky a množství sypaného písku je stanovené normou TSI. Velké množství sypaného písku může způsobit nesprávnou funkci zabezpečovacího zařízení, což může mít za následek vážné nehody.

1.1. Stanovené požadavky

Základní požadavky pro bezpečné pískování zpracovává provozovatel dráhy. Tyto požadavky by měli odpovídat rozhodnutí komise 2006/679/ES ve znění Rozhodnutí komise 2006/860/ES TSI Řízení a zabezpečení a Rozhodnutím komise 2006/920/ES TSI Provoz, kde je uvedeno povolené množství písku na písečník za 30 sekund

- pro rychlost $V < 140 \text{ km/h}$: $400\text{g} + 100\text{g}$,¹
- pro rychlosti $V \geq 140\text{km/h}$: $650\text{g} + 150\text{g}$.

Použitím písku dochází ke zvýšení adheze mezi kolem a kolejnicí. Velké množství písku na kolejích může způsobit nesprávnou funkci traťového zabezpečovacího zařízení.

„Strojvedoucí musí být vždy schopen použít písek, ale musí se tomu vyhnout, kdykoliv je to možné:

- v prostoru výhybek a křížení,
- během brzdění při rychlosti nižší než 20 km/h.

Nicméně tato omezení neplatí, pokud hrozí nedovolená jízda kolem návěstidla zakazujícího jízdu (SPAD) nebo jiná vážná událost a použití písku by pomohlo zvýšit adhezi.

¹ http://www.mdcz.cz/NR/ronlyres/56766ABB-16AC-4675-B096-8F32AC75A23E/0/bezpecnostni_upozorneni_DU.pdf - přístup 11.12.2010

- v klidovém stavu. Výjimkou je případ rozjíždění, a je-li vyžadována zkouška zařízení pro použití písku na hnacím vozidle. (Zkouška by normálně měla být prováděna v místech výslovně určených v Registru infrastruktury).“²

1.2. Adheze

Adheze je schopnost přenášet tečné síly stykovou ploškou mezi valícím se kolem a kolejnicí. Tečná síla má v kolejové dopravě velký význam, závisí na ní jednak tažná síla při rozjezdu a jízdě vlaku a jednak snižování rychlosti při brzdění vlaku.

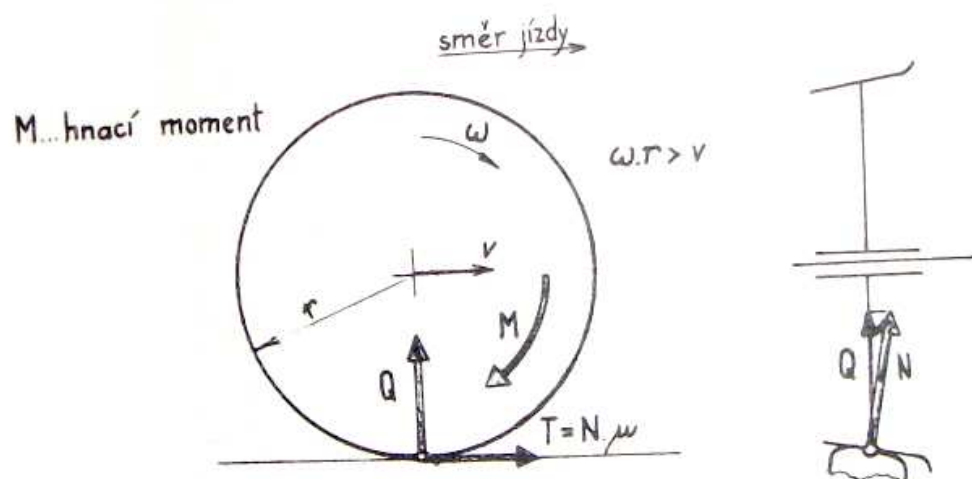
Tečná síla³

Tečná síla vzniká tehdy, kdy ve stykové plošce dohází ke skluzu kola s kolejnicí, ať z důvodu brzdícího či hnacího momentu.

$$T = N \cdot \mu \quad (1.1)$$

N - normálové zatížení ($N = Q$ Q - kolová síla)

μ - součinitel adheze 0,15 – 0,35



Obr. 01: Tečná síla na valícím se kole⁴

² http://webak.upce.cz/~lata/konference/sbornik-clanky/121_126_kotrba_vasicek.pdf - přístup 11.12.2010

³ IZER, J. *Kolejové vozy Dodatek*, ALFA Bratislava, 1988. s. 6

⁴ IZER, J. *Kolejové vozy Dodatek*, ALFA Bratislava, 1988. s. 6

Velikost tečné síly závisí především na těchto okolnostech:

- jakost povrchu kol a kolejnice,
- povětrnostní podmínky,
- rychlost jízdy,
- měrný tlak v dotykové plošce kola s kolejnicí,
- dynamické vlastnosti pohonu dvojkolí s rychlou a účinnou protiskluzovou ochranou,
- valení dvojkolí s příčným klouzáním kol po kolejnicích (při jízdě obloukem).

Vliv jakosti povrchu koleje a kol na součinitel adheze⁵

Součinitel adheze pro suchou kolej se podstatně liší od součinitele pro vlhkou kolej. Tímto je myšlen stav, kdy začíná pršet a voda nesmočí souvisle celý povrch kolejnice, při orosení kolejnice nebo kolejnici mastné, znečištěné olejem či tukem. Na zcela mokré kolejnici při trvalém dešti je součinitel adheze sice nižší než u koleje suché, avšak vyšší než u koleje vlhké.

Dolní hranice součinitele adheze byla zjištěna u suché koleje 0,17 a u navlhlé koleje 0,08. Při zablokovaném dvojkolí vykazuje hodnotu jen 0,04 až 0,06 na navlhlé koleji.

Na zvýšení součinitele adheze lze krátkodobě použít zejména při malých rychlostech zdrsnění povrchu pomocí pískování. Dále ke zvýšení adheze přispívá i kovová čistota povrchu jízdních kol. Z tohoto důvodu se na vozech určených pro zvýšené rychlosti vybavených kotoučovou brzdou požaduje i brzda zdržová s litinovými špalíky působícími na jízdní ploše kol.

Součinitel adheze:⁶

Stanovení součinitele adheze na rychlost jízdy ukázalo, že s rostoucí rychlostí součinitel klesá. Tato závislost je znázorněna pomocí adhezních křivek na Obr. 02. Adhezní křivka označená číslem 1 znázorňuje vztah stanovený podle Curtiuse a Knifflera, číslem 2 je znázorněna křivka stanovená podle Kothera.

⁵ IZER, J. *Kolejové vozy Dodatek*, ALFA Bratislava, 1988. s. 6-7

⁶ DOSTÁL, J., HELLER, P. *Kolejová vozidla I*, ZČU Plzeň, 2007. s. 30

Curtius – Kniffler:⁷

$$\mu = \frac{7,5}{V + 44} + 0,161 \quad (1.2)$$

kde:

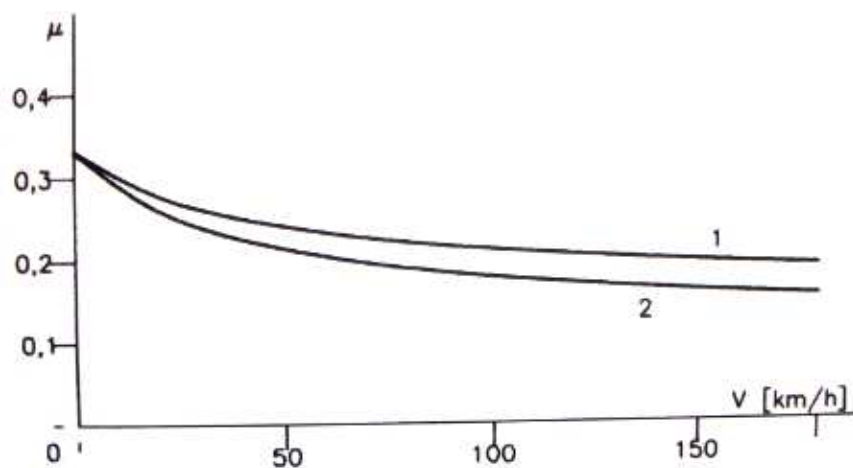
V... rychlost vozidla [km/h]

Kother:⁸

$$\mu = \frac{9,0}{V + 42} + 0,116 \quad (1.3)$$

kde:

V... rychlost vozidla [km/h]



Obr. 02: Adhezní křivky⁹

1.3. Křemičitý písek pro hnací vozidla¹⁰

Písek se do DKV dodává buď suchý, nebo mokrý, který se následně suší na požadovanou vlhkost 0,5 %, což je energeticky velmi náročné. Hlavní požadované vlastnosti jsou:

- zrnitost,

⁷ DOSTÁL, J., HELLER, P. *Kolejová vozidla I*, ZČU Plzeň, 2007. s. 30

⁸ DOSTÁL, J., HELLER, P. *Kolejová vozidla I*, ZČU Plzeň, 2007. s. 30

⁹ DOSTÁL, J., HELLER, P. *Kolejová vozidla I*, ZČU Plzeň, 2007. s. 31

¹⁰ ŠKAPA, Petr. *Provoz dep II.*, VŠB-TU Ostrava, 2004. s. 13

- ostrohrannost,
- tvrdost,
- požadovaný podíl oxidu křemičitého (min. 95 %).

| | Zrnění [mm] | | | |
|-------------|---------------|-----------|------------|---------------------|
| | menší než 0,5 | 0,5 - 1,0 | 1,1 - 2,0 | 2,1 - 4,0 a více |
| Složení [%] | max. 10 | min. 80 | nevymezeno | 0,1 |

Tab. 1.1: Parametry křemičitého písku pro hnací vozidla¹¹

Dodavatel křemičitého písku¹²

Největším dodavatelem křemičitého písku je firma Provodínské písky a.s. se sídlem v Provodíně. Tato firma v současné době dodává vysoce kvalitní písek pro slévárenský, sklenářský a stavební průmysl.

Slévárenské písky jsou tříděním upravené, chemicky a fyzikálně standardizované výrobky. Pro zbrojení hnacích vozů se používá Provodínský slévárenský křemičitý písek s označením PR 30, u kterého se obsah oxidu křemičitého pohybuje nad 98 %. Tento písek se dodává buď mokrý, nebo sušený s vlhkostí 0,1 %. Mokrý písek se dopravuje jako volně ložený na vozech a suchý pak podle dohody buď v cisternových vozech určených pro přepravu sypkých materiálů, nebo balený v pytlích.

¹¹ ŠKAPA, Petr. *Provoz dep II.*, VŠB-TU Ostrava, 2004. s. 13

¹² <http://www.pisky.cz/index1.htm> - přístup 20.12.2010

Parametry písku PR 30

| Třída zrnitosti [mm] | Podíl v hmot. [%] |
|----------------------|-------------------|
| > 2 | 0,5 |
| 2 - 1,4 | 7,5 |
| 1,4 - 1,0 | 19 |
| 1,0 - 0,71 | 28 |
| 0,71 - 0,5 | 32 |
| 0,5 - 0,355 | 11 |
| 0,355 - 0,25 | 1,5 |
| 0,25 - 0,18 | 0,5 |
| 0,18 - 0,125 | |
| 0,125 - 0,063 | |
| < 0,063 | |

Tab. 1.2: Zrnitostní rozdělení (typické hodnoty)¹³

| | | |
|---|----------|---------|
| SiO ₂ | [%] | 99 |
| Fe ₂ O ₃ | [%] | 0,03 |
| Al ₂ O ₃ | [%] | 0,3 |
| Vyplavitelné látky | [%] | 0,15 |
| Ztráty žháním (1100 °C) | [%] | 0,3 |
| Spékavost | [°C] | > 1500 |
| Vlhkost (vlhký / sušený) | [%] | 6 / 0,1 |
| Reaktivnost písku s alkáliemi (ČSN 72 1179) | | |
| - stanovení úbytku zásadivosti | [mmol/l] | 38,56 |
| - stanovení koncentrace SiO ₂ | [mmol/l] | 8,91 |

Tab. 1.3: Chemické a fyzikální vlastnosti (typické hodnoty)¹⁴

1.4. Plnění písku do hnacích vozidel

Písek pro hnací vozy se do DKV dodává buď suchý, nebo mokrý.

Mokrý písek¹⁵

Mokrý písek dodávaný do DKV je umístěn na skládce vlhkého písku. Odtud se vlhký písek postupně odebírá a je vysoušen horkým vzduchem v sušárně písku.

¹³ <http://www.pisky.cz/index1.htm> - přístup 20.12.2010

¹⁴ <http://www.pisky.cz/index1.htm> - přístup 20.12.2010

¹⁵ ŠKAPA, Petr. *Provoz dep II.*, VŠB-TU Ostrava, 2004. s. 50

Při sušení písku vzniká odpad, který je tvořen prachem a zrnky písku. Tento odpad se ukládá do kontejneru. Při manipulaci s prachem z písku je potřeba zabránit jeho emisím do okolí, protože prach je karcinogen.

Vysušený písek se uskládá v zásobníku vysušeného písku, který může být umístěn nad zbrojícím stanovištěm.

Písek se ze zásobníku vede pískovody na jednotlivá výdejní místa. Na pískovodech jsou upevněny výdejní pryžové hadice, které jsou ukončeny uzávěrem.

Suchý písek

Suchý písek se do DKV dodává přímo od výrobce uzavřenými vozy pro přepravu zrnitých a práškových hmot, nebo jednotlivě balený v pytlích.

Dodávání suchého písku je pro DKV výhodnější, odpadá energetické a pracovní náklady na sušení.

Moderní zařízení pro plnění písku do hnacích vozidel¹⁶

Výrobce dodává suchý písek se pneumatickým dopravním systémem dopraví do zásobního sila a odtud se plnicí hadicí a plnicí pistolí dopraví do nádrží na písek umístěných na vozidle.

Suchý písek padá samospádem ze zásobního sila do pneumatického podavače, který je umístěn pod zásobním silem. Odtud je písek pomocí stlačeného vzduchu dopraven potrubím do jednotlivých pískovacích stanic.

Pískovací stanice jsou zásobníky na písek o velikosti přibližně 100 litrů, které jsou umístěny podél výzbrojní koleje. Tyto zásobníky jsou dle konstrukčního řešení výzbrojního stanoviště umístěny na stojanech (venku umístěné výzbrojní stanoviště), nebo na stropní konstrukci (výzbrojní stanoviště umístěno v hale). Na těchto zásobnících jsou zavěšeny plnicí hadice, které jsou na konci opatřené plnicími pistolemi.

Plnicí pistole (obr. 03) je vybavena odsáváním prachu, vznikajícího při plnění zásobníku. Díky odsávání prachu toto zařízení pracuje zcela bezprašně. Odsávání prachu se spouští automaticky se začátkem plnění. Odsávaný prach je odváděn hadicí a potrubím

¹⁶ ŠKAPA, Petr. *Provoz dep II.*, VŠB-TU Ostrava, 2004. s. 58

do centrálního filtru. Při naplnění nádrže na písek umístěné na hnacím vozidle se plnicí pistole automaticky vypne.

Plnicí zařízení je konstruováno jako uzavřený systém, do kterého po celé délce procesu dopravy a skladování nemůže vniknout vlhkost. Díky tomu, že je písek udržován stále suchý, je vyloučeno zamrznutí písku v plnicích hadicích, porubí či zásobnících v zimním období.

Obsluha při plnění písku do hnacích vozidel sejme pistoli ze závěsu, zasune ji do plnicího otvoru příslušné nádrže na písek na vozidle. Plnicí pistoli otevře a tím začne plnění písku. Plnění se automaticky ukončí, jakmile je nádrž plná. Obsluha uzavře plnicí pistoli a pověsí ji zpět na závěs.



Obr. 03: Plnicí pistole

Mobilní plnicí zařízení¹⁷

Mobilní plnicí zařízení (obr. 04) je vybaveno vlastním kompresorem, zásobníkem písku a filtrem pro odsátý prach. Mobilní zařízení přijede k hnacímu vozidlu a plnicí hadicí na konci opatřenou pistolí plní pomocí stlačeného vzduchu vozidlo pískem. Plnění je opět automaticky ukončeno po naplnění nádrže na písek.

¹⁷ ŠKAPA, Petr. *Provoz dep II.*, VŠB-TU Ostrava, 2004. s. 58



Obr. 04: Mobilní plnicí zařízení typ “Allweg“ firmy Klein¹⁸

1.5. Zabezpečovací zařízení¹⁹

Zabezpečovací zařízení má za úkol zabezpečit a vyloučit střet dvou kolejových vozidel. Z historického hlediska bylo potřeba nějakým způsobem zabezpečit provoz na trati již se vznikem prvních železnic. První zabezpečovací systémy byly z dnešního pohledu primitivní, například tzn. žezlový systém. Tento systém fungoval tak, že pro každý traťový úsek bylo žezlo a vlaky mohla vypravovat pouze stanice, ve které se žezlo v daný čas nacházelo. Pokud měla vlak vypravovat jiná stanice, muselo se do ní žezlo převézt. Tyto systémy byly z důvodu rostoucích nároků na propustnost tratí a s rostoucí traťovou rychlostí postupně předělávány až do dnešní podoby.

Úkoly zabezpečovacího zařízení

- zabezpečit, aby se v jízdní cestě nevyskytovalo žádné vozidlo,
- zamezit postavení kolizních jízdních cest,
- zajistit správné stavění výhybek v jízdní cestě,
- omezit selhání lidského činitele (snížení námahy obsluhy).

¹⁸ http://www.klein-ag.de/besandung_mobil2.htm - přístup 20.12.2010

¹⁹ <http://brnosim.wz.cz/clanky.php?id=1> – přístup 3.2.2011

1.5.1. Rozdělení podle zabezpečené oblasti²⁰

- traťová zabezpečovací zařízení (TZZ),
- staniční zabezpečovací zařízení (SZZ),
- přejezdová zabezpečovací zařízení (PZZ),
- vlaková zabezpečovací zařízení (VZZ),
- zabezpečení a automatizace spádovišť.

Dále je také možno dělit zabezpečovací zařízení podle systému realizace na tyto skupiny, které se mohou vzájemně prolínat:

- mechanická,
- elektrická,
- elektronická,
- elektromechanická,
- elektrodynamická.

Traťová zabezpečovací zařízení (TZZ)

Traťová zabezpečovací zařízení mají dva úkoly. Prvním úkolem je zamezit protisměrné jízdě dvou vlaků na stejné traťové koleji a druhým úkolem je snížit traťový interval mezi po sobě jedoucími vlaky ve stejném směru. Traťový interval se snižuje pomocí zavedení traťových oddílů s oddílovými návěstidly.

Staniční zabezpečovací zařízení (SZZ)

Podle úrovně zabezpečení se dělí dle normy na 3 kategorie:

- 1. kategorie - hlavní návěstidla nejsou závislá na poloze projížděných i odstavných výhybek a nejsou vyloučeny současně zakázané vlakové cesty,
- 2. kategorie - hlavní návěstidla nejsou závislá na poloze projížděných i odvratných výhybek a nejsou vyloučeny současně zakázané vlakové cesty,
- 3. kategorie - hlavní i seřadovací návěstidla jsou závislá na volnosti jízdní cesty a poloze všech výhybek, současně jsou vyloučeny všechny zakázané jízdní cesty.

²⁰ <http://brnosim.wz.cz/clanky.php?id=1> – přístup 3.2.2011

Přejezdová zabezpečovací zařízení (PZZ)

Přejezdová zabezpečovací zařízení mají za úkol zabezpečit křížení železnice s pozemní komunikací. Podle způsobu dávání výstrahy účastníkům provozu na pozemní komunikaci můžeme PZZ dělit na:

- zařízení se světelnou a akustickou výstrahou,
- zařízení s mechanickou výstrahou (závory),
- kombinovaná zařízení.

Vlaková zabezpečovací zařízení (VZZ)

Informace se na hnací vozidlo přenáší z tratě buď liniově, nebo bodově

- liniový přenos - přenos informací na hnací vozidlo probíhá na celém úseku, tohoto systému je využito například při přenosu návěstí prostřednictvím kódování v kolejových obvodech,
- bodový přenos - přenos informací probíhá jen v předem umístěných bodech na trati,
- kombinace bodového a liniového přenosu.

1.5.2. Prostředky pro zjištění volnosti úseků²¹

Prostředky pro zjišťování volnosti úseků jsou součástí např. traťového, staničního a přejezdového zabezpečovacího zařízení. Tyto prostředky lze rozdělit podle místa působení na bodové a liniové.

Bodové prostředky²²

V dnešní době jsou bodovými prostředky nejčastěji počítače náprav. Jejich umístění je na obou okrajích sledovaného úseku, popřípadě jedná-li se o rozvětvený úsek, jsou umístěny na všech koncích tohoto úseku.

²¹ <http://brnosim.wz.cz/clanky.php?id=2> – přístup 15.2.2011

²² <http://brnosim.wz.cz/clanky.php?id=1> – přístup 3.2.2011

Počítač náprav sleduje počet náprav, které do sledovaného úseku vjely a počet náprav, které jej opustily. Úsek je indikován jako volný, pokud je počítač náprav na nule, v opačném případě je sledovaný úsek obsazený.

Princip počítací náprav vychází z magnetického obvodu a indukčního zákona. Základní součást počítací náprav tvoří vysílací a přijímací cívka. Vysílací cívka zde slouží jako zdroj střídavého magnetického pole. Magnetický tok v klidovém stavu indukuje v přijímací cívkce napětí, toto napětí při projetí kola z důvodu změnění magnetického toku poklesne a je poté vyhodnoceno.

Pro určení směru pohybu kola je zapotřebí na krajích úseků použít dvojité uspořádání. Impulzy jsou vedeny vodiči do elektronické části počítací náprav, kde jsou vyhodnoceny.

Jednou z hlavních výhod tohoto systému je, že na detekci vlaku nemá vliv množství sypaného písku na koleje, ale hlavní nevýhodou je, že pokud se ve sledovaném úseku nakolejí drobné železniční vozidlo, jeví se úsek stále jako volný.

Liniové prostředky²³

Liniovými prostředky rozumíme klasické kolejové obvody. Dle zapojení rozlišujeme dva základní typy - sériový a paralelní kolejový obvod. Sousední kolejové obvody jsou od sebe odděleny izolačními vložkami.

V sériovém zapojení jsou zdroj i kolejové relé vzájemně v sérii. Pokud je obvod rozpojený, kotva relé je odpadlá a úsek je indikován jako volný. V případě přítomnosti nápravy (šuntu) se kolejový obvod uzavře, kotva relé se přitáhne a úsek je indikován jako obsazený. Nevýhodou tohoto zapojení je, že v případě přerušení obvodu (např. přerušený přívod ke kolejnici) se obvod ani při přítomnosti šuntu neuzavře a jeví se stále jako volný.

U paralelního kolejového obvodu proud ve volném stavu protéká přes odpor (napájecí konec kolejového obvodu) dále pak přes jeden kolejnicový pás, cívku relé (reléový konec kolejového obvodu) a uzavírá se přes druhý kolejnicový pás. Kotva relé je přitažena a sledovaný úsek je indikován jako volný. V přítomnosti vlakového šuntu se proud uzavírá přes odpor R a dvojkolí, tímto je na cívkce relé malé napětí a kotva relé odpadá. Tím je úsek indikován jako obsazený. Na rozdíl od sériového zapojení bude tedy úsek při přerušení obvodu indikován jako obsazený.

²³ <http://brnosim.wz.cz/clanky.php?id=1> – přístup 3.2.2011

Tyto systémy mají na rozdíl od počítače náprav tu nevýhodu, že při vysypání velkého množství písku na kolejnici zde hrozí riziko, že nevznikne vodivé spojení kola s kolejnicí, následkem čehož nebude vlak identifikován.

2. Analýza současného stavu pískovacího zařízení vozidel a použitých konstrukčních řešení

Možná konstrukční řešení pískovacího zařízení jsem získal na stránkách Úřadu průmyslového vlastnictví. Prvním popisovaným zařízením je užitný vzor, jehož majitelem je Ing. Jaroslav Vašíček. Tento užitný vzor je veden pod spisem CZ – U – 19312 a má název: Pískovací zařízení pro kolejová vozidla, zvláště pro železniční lokomotivy a motorové vozy.

Druhým popisovaným je patentovaný vynález, který je zavedený pod číslem spisu: EP – 1612117 a názvem: Pískovací zařízení pro kolejová vozidla – způsob a vozidlo k tomu.

Jako třetí popisuji užitný vzor brněnské firmy TRIBOTEC, spol s.r.o. Tento užitný vzor je veden pod číslem spisu CZ – U – 16648 a jeho název je: Pískovací zařízení pro kolejová vozidla, zvláště pro tramvaje.

Posledním popisovaným je užitný vzor, jehož majitelem je Vysoká škola Báňská Technická univerzita Ostrava. Je veden pod číslem spisu CZ – U – 21829 s názvem Pískovací zařízení pro kolejová vozidla se spirálovým dopravníkem.

Stávající řešení pískovacího zařízení vozidel nezávislé trakce je založeno na dopravě písku tlakem vzduchu. Množství sypaného písku se upravuje pouze v dávkovacím ústrojí opatřeném sifonovým uzávěrem.

2.1. Popis pískovacího zařízení vedeného pod číslem spisu CZ – 19312 - U1²⁴

Princip zařízení spočívá na tom, že písek se vlastní tíhou sype z nádrže (102), ke které je připojeno dávkovací ústrojí (44) opatřené sifonovým uzávěrem (104). Ve spodní části sifonového uzávěru ústí tryska (106), kterou je možno přestavovat v její podélné ose. Touto tryskou je přiváděn dávkovací tlakový vzduch, který dopravuje písek na výstupní otvor (107), navazující na výsypnou komoru (46) tvaru kolena, do níž ústí výstupní hrdlo dopravního vzduchu (108). Dopravní vzduch má za úkol zvýšit rychlost přepravovaného písku v dopravní trubici (8) vybavené na jejím konci topnými tělesy, které zabraňují zamrzání konce trubice.

²⁴ <http://spisy.upv.cz/UtilityModels/FullDocuments/FDUM0019/uv019312.pdf> - přístup 20.12.2010

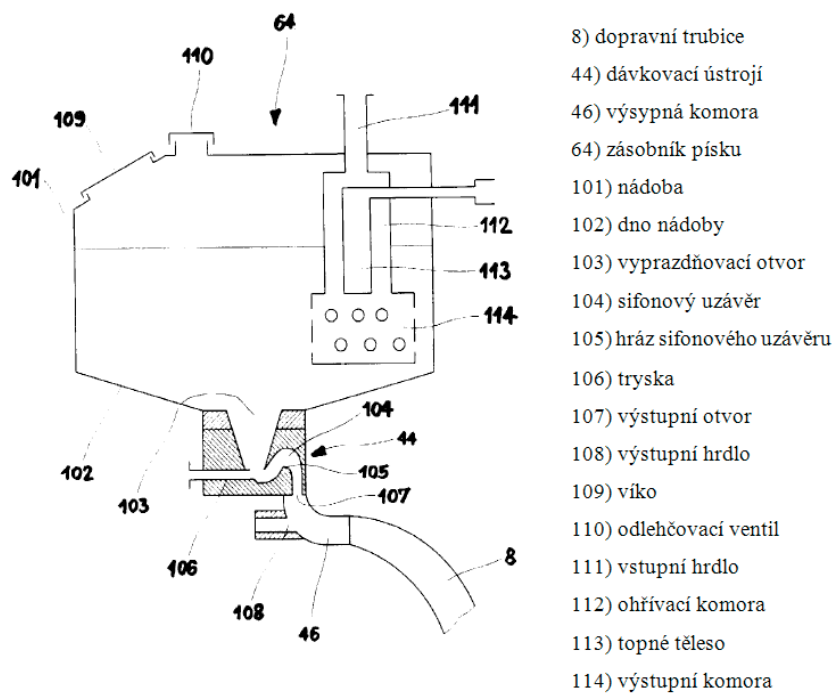
Nádrž na písek je v horní části (101) vybavena násypným otvorem (109), odlehčovacím ventilem (110) a vstupním hrdlem provzdušňovacího vzduchu (111). Na hrdlo navazuje svisle situovaná ohřívací komora (112), ve které je usazeno elektrické topné těleso (113). Ohřívací komora (112) ústí do výstupní komory (114) s radiálními otvory pro výstup profukovaného vzduchu, který zabraňuje navlhnutí a usedání písku. Provzdušňovací vzduch je odváděn odlehčovacím ventilem (110). Provzdušňování se řídí jednosměrným ventilem (48), který má otevírací tlak vyšší, než je spínací tlak kompresoru.

Pískování je řízené elektrickým signálem, který dává řídící jednotka na základě prokluzu kol při zrychlování, nebo brzdění. Pískování může být rovněž zahájeno ručním ovládáním, které má k dispozici strojvedoucí v kabině.

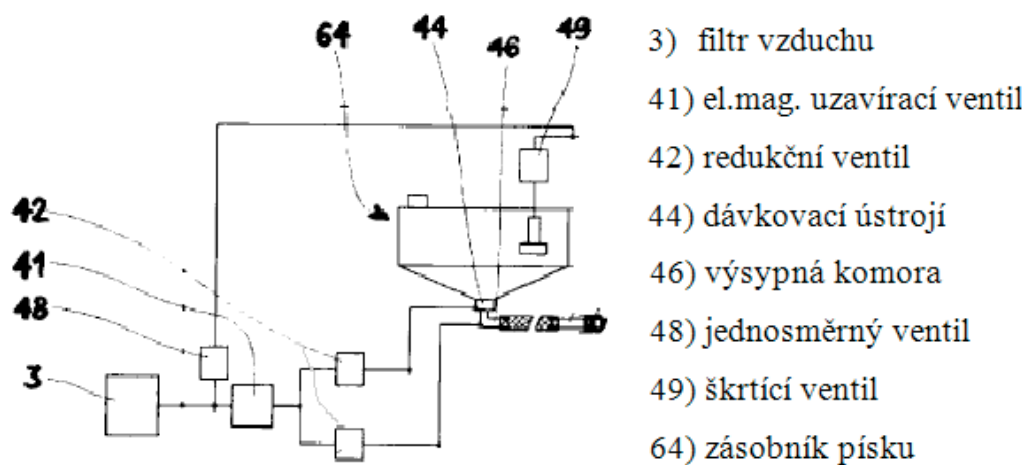
Hodnoty tlaku vzduchu v systému jsou automaticky dosahovány pomocí redukčních ventilů (42) a vzájemným nastavením jednosměrných ventilů (48) a škrťacích ventilů (49).

Všechny seřizovací prvky pískovacího zařízení jsou nastaveny na standardně používaný typ písku a ještě ve výrobě zaplombovány. Při montáži na kolejové vozidlo už nevyžadují další změny v seřízení.

Největšími výhodami tohoto řešení je automatické spuštění pískování v závislosti na prokluzu kol a nepatrné zpoždění mezi povelům k pískování a momentem, kdy se písek dostane mezi kolo a kolejnici. Další výhodou je minimalizování množství písku, které zaručuje automatické pískování.



Obr. 05: Zásobník písku s dávkovacím ústrojím a dopravní trubicí²⁵



Obr. 06: Schéma rozvodu vzduchu a dopravy písku²⁶

²⁵ <http://spisy.upv.cz/UtilityModels/FullDocuments/FDUM0019/uv019312.pdf> - přístup 20.12.2010

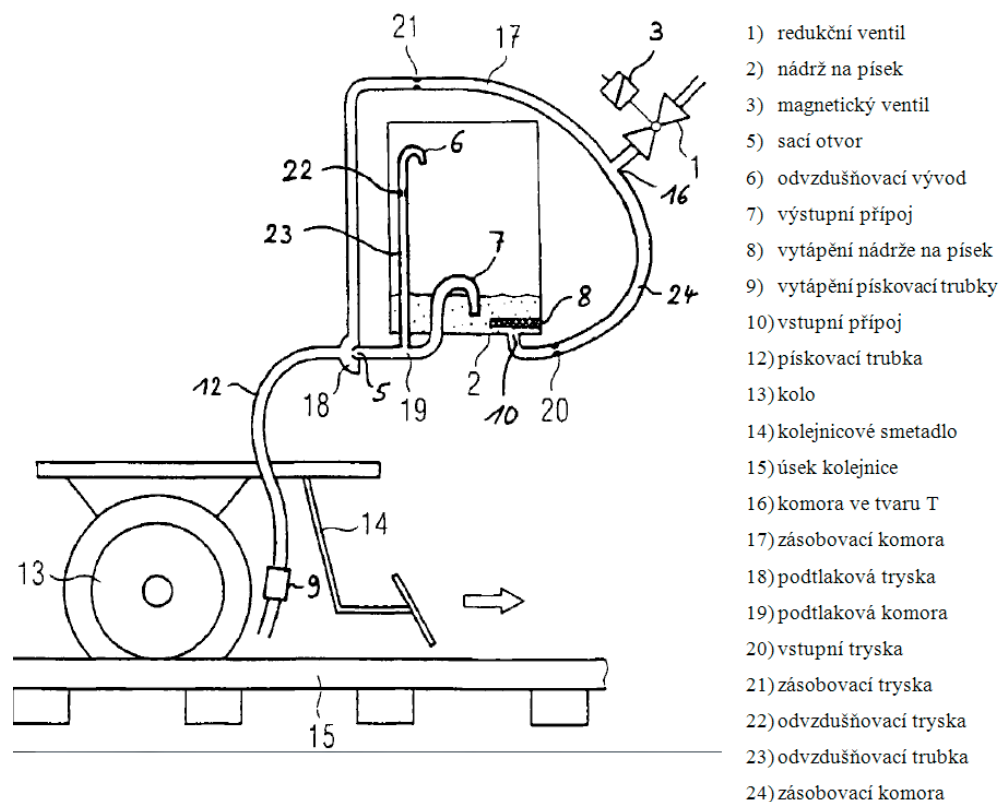
²⁶ <http://spisy.upv.cz/UtilityModels/FullDocuments/FDUM0019/uv019312.pdf> - přístup 20.12.2010

2.2. Popis pískovacího zařízení patentovaného pod číslem EP – 1612117²⁷

Toto zařízení pracuje na principu podtlakového pískování. Písek se pod tlakem nasává z nádrže na písek, urychluje se v podtlakové trysce, následně se vysokým tlakem fouká pod kola. Písek se v nádrži nepřetržitě provzdušňuje předehřátým vzduchem, což zabraňuje navlhání a udusávání písku. Vzduch je z nádrže odváděn odvzdušňovací trubicou vybavenou odvzdušňovací tryskou. Odvzdušňovací trubka je napojena na podtlakovou komoru a následně na pískovací trubku, kde je odsávaný vzduch v zimním období ohříván a tím je zajištěno, že konec pískovací trubky nezamrzá. Díky tomuto konstrukčnímu řešení není potřeba při podtlakovém pískování přivádět do nádrže písku nevysušený vzduch zvenčí a nejsou tak vysoké nároky na vzduchotěsné provedení nádrže.

Množství nasávaného písku se nastavuje v podtlakové trysce (18), opatřené šikmo postavenými otvory, které směřují ve směru proudění. Tím je vytvořen v podtlakové komoře (19) podtlak, který nasává písek z nádrže (2) na písek. Odvzdušňovací tryska (22) zajišťuje, aby byl písek nasáván přes výstupní přípoj 7. Písek je foukán pod kolo (13) vysokým tlakem, který je součtem proudů vzduchu v zásobovací trysce (21) a vstupní trysce (20). Pískování je ovládáno magnetickým ventilem (3), který je spojen s redukčním ventilem (1). Pro správnou funkci tohoto konstrukčního provedení je nutné, aby průřezy podtlakové trysky (18), vstupní trysky (20), zásobovací trysky (21) a odvzdušňovací trysky byly vůči sobě sladěny. U tohoto provedení je dále zapotřebí, aby bylo dodrženo správné množství provzdušňovacího vzduchu tak, aby při provzdušňování nedocházelo k nasávání písku a tím k pískování. Podtlaková tryska (18), podtlaková komora (19), vstupní tryska (20) a zásobovací tryska (21) se dodává jako konstrukční jednotka ve společném skříňovém bloku, který je uspořádán pod nádrží (2).

²⁷ <http://spisy.upv.cz/EP/ep1612117.pdf> - přístup 20.12.2010



Obr. 7: Schéma podtlakového pískovacího zařízení²⁸

2.3. Popis pískovacího zařízení vedeného pod číslem spisu CZ – U – 16648²⁹

U tohoto zařízení je pískování zajištěno pomocí dávkovacího ústrojí (22), do kterého je přiváděn písek vlastní tíhou ze zásobníku (21). Dávkovací ústrojí (22) obsahuje sifonový uzávěr (221) a posuvnou vzduchovou trysku (222). Pomocí jejího posunutí a tlakem vzduchu určujeme množství sypaného písku. Pod zásobníkem (21) je umístěno elektrické topné těleso (23), které má za úkol udržovat písek suchý a tedy sypký. Celé toto zařízení je umístěno v zásobníkové skříni (2), která se může u tramvaje umístit třeba pod sedačky nad příslušnou nápravou.

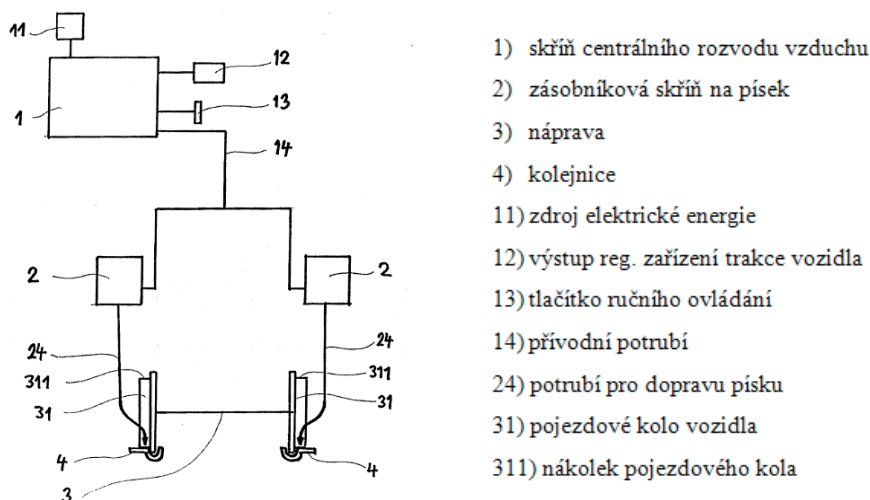
Zásobníková skříň (2) je připojena přívodním potrubím (14) k výstupu tlakového vzduchu ve skříni centrálního rozvodu vzduchu (1), ve které je umístěn kompresor, zásobník stlačeného vzduchu a dále také uzavírací, rozváděcí a pojišťovací prvky. Ze zásobníkové skříně (2) je vyvedeno potrubí pro dopravu písku (24), které je ukončeno pískovací tryskou (241).

²⁸ <http://spisy.upv.cz/EP/ep1612117.pdf> - přístup 20.12.2010

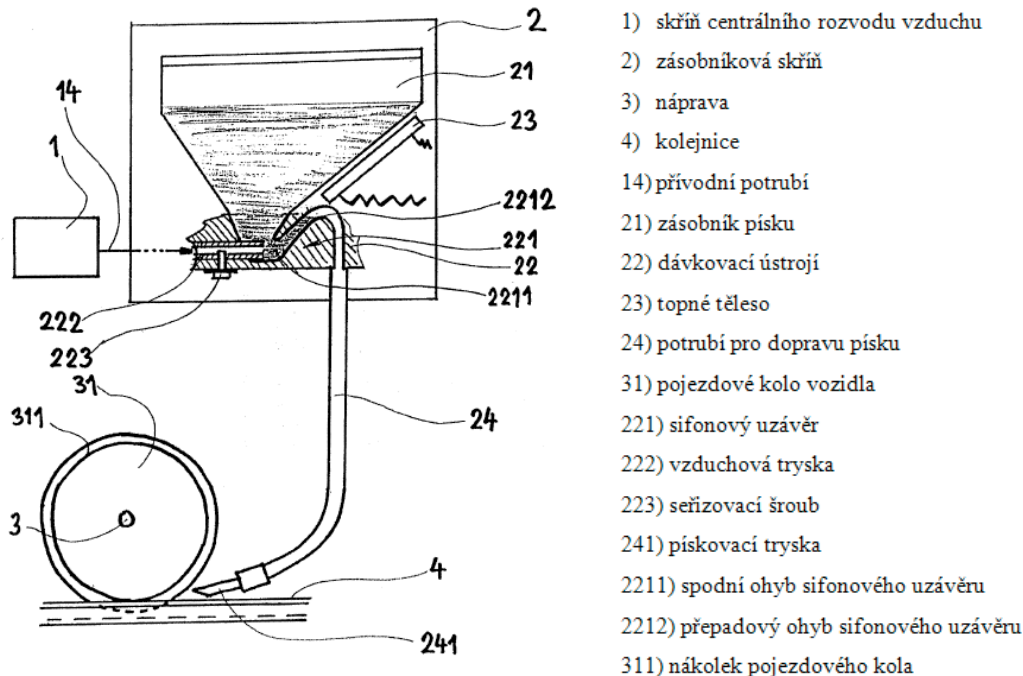
²⁹ <http://spisy.upv.cz/UtilityModels/FullDocuments/FDUM0016/uv016648.pdf> - přístup 20.12.2010

Skříň centrálního rozvodu vzduchu (1) je umístěna na podvozkové části pod podlahou a je připojena ke zdroji elektrické energie (11), k ovládacímu prostředku (13) umístěnému v kabině řidiče a dále je spřažena s výstupem regulačního řízení trakce vozidla (12).

Nastavení množství sypaného písku se u tohoto zařízení provádí úpravou tlaku vzduchu a posouváním vzduchové trysky (222) v dávkovacím zařízení (22).



Obr. 8: Schéma pískovacího zařízení³⁰



Obr. 9: Schéma dávkovacího zařízení³¹

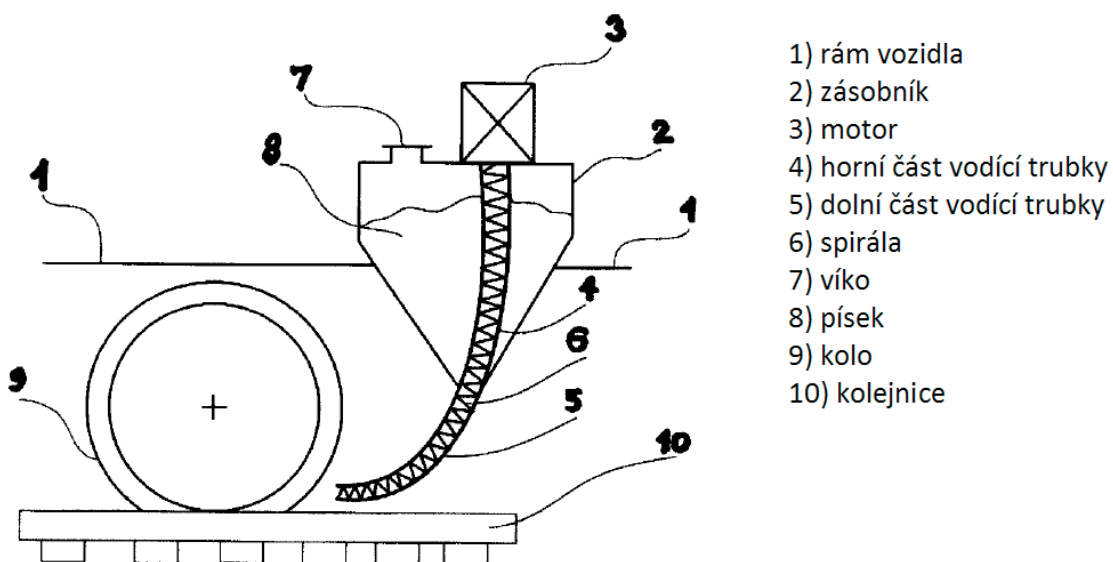
³⁰ <http://spisy.upv.cz/UtilityModels/FullDocuments/FDUM0016/uv016648.pdf> - přístup 20.12.2010

³¹ <http://spisy.upv.cz/UtilityModels/FullDocuments/FDUM0016/uv016648.pdf> - přístup 20.12.2010

2.4. Popis pískovacího zařízení vedeného pod číslem spisu CZ – U – 21829³²

U tohoto zařízení je písek dopravován spirálovým dopravníkem ze zásobníku ke kolu vozidla.

Pískovací zařízení se skládá ze zásobníku (2), vodící trubky spirálového dopravníku sestavené z horní (4) a dolní (5) části, kterou prochází spirála dopravníku (6) poháněná motorem (3). Horní část (4) vodící trubky je umístěna v zásobníku (2) s pískem (8) a téměř po celé délce je opatřena plnicími otvory pro vstup písku do vodící trubky (4). Dolní část (5) vodící trubky vystupuje ze zásobníku (2) a vede ke kolejnici (10) před kolo (9). Tato část vodící trubky je celistvá. Uvnitř vodící trubky je umístěna spirála spirálového dopravníku (6), která je poháněna motorem (3) a vykonává rotační pohyb. Množství sypaného písku se upravuje změnou otáček motoru (3).



Obr. 10: Schéma pískovacího zařízení se spirálovým dopravníkem³³

2.5. Stávající řešení pískovacího zařízení vozidel nezávislé trakce

Princip stávajícího zařízení spočívá v tom, že písek se vlastní tíhou sype z nádrže na písek (3) do pískovacího kolena (6), které slouží jako dávkovací ústrojí. Pískovací koleno je opatřeno sifonovým uzávěrem, který zabraňuje samovolnému sypání písku. Ve spodní části pískovacího kolena je umístěna pískovací tryska (5), pomocí které se vlivem podélné změny zasunutí trysky v pískovacím kolenu reguluje množství sypaného písku. Na výstupu

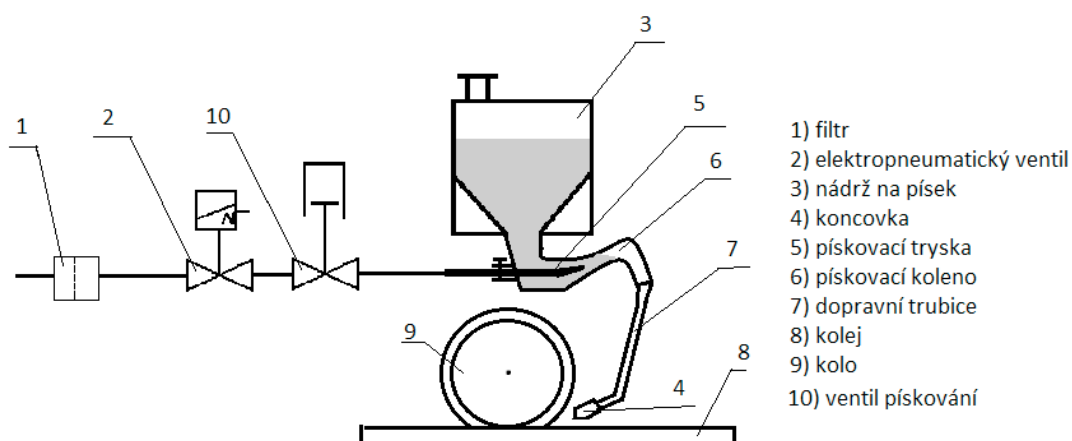
³² <http://spisy.upv.cz/UtilityModels/FullDocuments/FDUM0021/uv021829.pdf> - přístup 4.5.2010

³³ <http://spisy.upv.cz/UtilityModels/FullDocuments/FDUM0021/uv021829.pdf> - přístup 4.5.2010

pískovacího kolena je upevněna dopravní trubice (7), která je na konci opatřena koncovkou (4). Dopravní trubice ústí před kolem a směřuje dopravovaný písek mezi kolo (9) a kolej (8).

Tlakový vzduch je odebírán ze vzduchového systému vozidla a proudí přes filtr (1). Pískování se spouští pomocí elektropneumatického ventilu (2) ovládacím tlačítkem umístěným v kabině strojvedoucího.

Nevýhodou tohoto systému je nedostatečné nastavení množství sypaného písku. Další velká nevýhoda je, že při zaseknutí ovládacího ventilu v otevřené poloze dochází k neřízené dopravě velkého množství písku ke kolům vozidla. Následkem toho může selhat zabezpečovací systém zajišťující bezpečnou jízdu vozidla.



Obr. 11: Schéma současněho stavu

Ventil pro pískovač³⁴

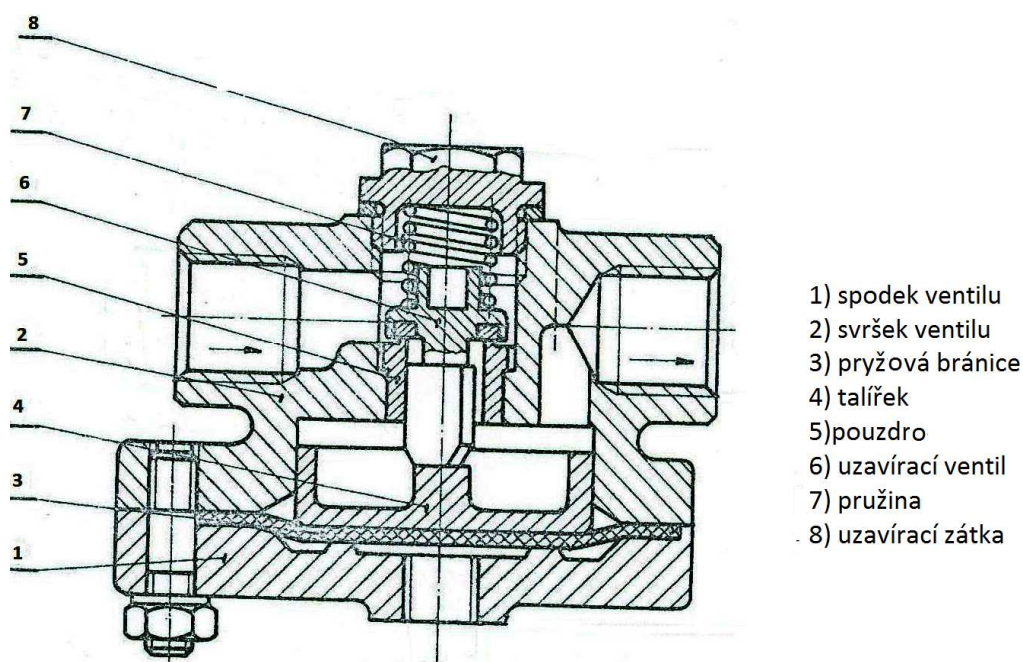
Ventil pro pískovač (obr. 12) je určený pro vypouštění tlakového vzduchu z hlavního nebo vedlejšího vzduchojemu. Tlakový vzduch je veden vzduchovými trubicemi do pískovacího kolena. Tento ventil se používá tehdy, jeli nutno dodávat více vzduchu, než umožňuje elektromagnetický ventil.

Ventil pro pískovač je složen ze dvou hlavních částí - spodku (1) a svršku (2), které jsou navzájem pevně spojeny. Mezi spodkem a svrškem je sevřena pryžová bránice (3) tlačící na talířek (4), kterým je ovládán uzavírací ventil (6). Uzavírací ventil je opatřen gumokovovým sedlem a je veden v pouzdře (5) nalisovaném ve svršku (2). Horní část

³⁴ Technická dokumentace hnacích vozidel řady 742

vodícího pouzdra je tvořena sedlem, do kterého je uzavírací ventil (6) přitlačován pružinou (7), která je z druhé strany opřena o uzavírací zátka (8).

Ventil pro pískovač je ovládán elektricky pomocí elektropneumatického ventilu. Tento ventil vpouští řídicí tlak vzduchu pod pryžovou bránici (3), která pomocí talířku (4) zvedne uzavírací ventil (6). Tím je otevřen přívod vzduchu ze vzduchojemu do pískovacích kolen nebo jiných zařízení. Uzavření uzavíracího ventilu je zajištěno tak, že při přerušení řídicího tlaku se odvětrá tlakový vzduch pod bránicí (3) a pružina (7) uzavře ventil (6).



Obr. 12: Ventil pro pískovač³⁵

Pískovací koleno

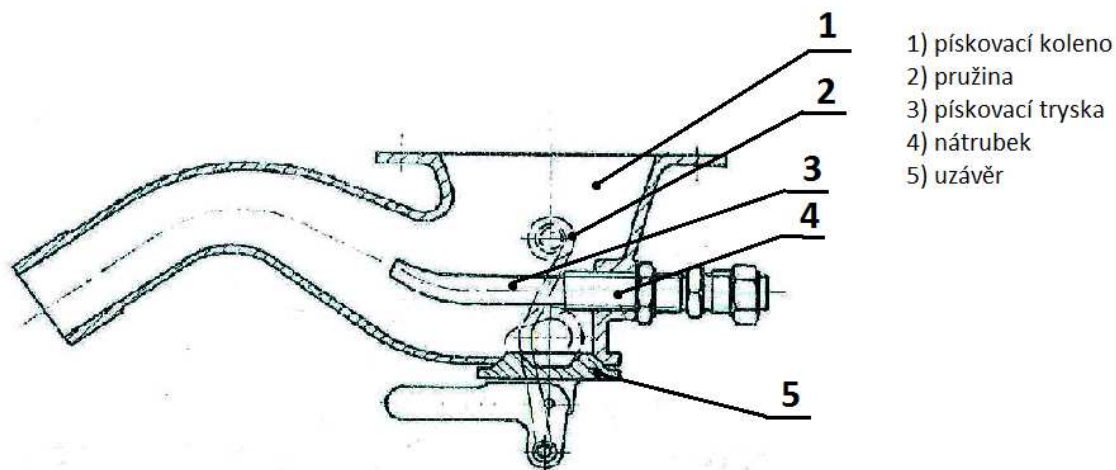
Pískovací koleno (obr. 13) má za úkol upravovat množství sypaného písku. Bývá připevněno na nádrži, ze které je do něj přiváděn písek. Toto koleno je opatřeno takzvaným sifonovým uzávěrem zabráňujícím samovolnému sypání písku. Písek je veden z pískovacího kolena pískovodem opatřeným na konci pískovací koncovkou.

Pískovací koleno se skládá z tělesa pískovacího kolena (1), které je ve spodní části opatřené uzávěrem (5) sloužícím k čištění a uvolnění udusaného písku v kolenu. Tento

³⁵ Technická dokumentace hnacích vozidel řady 742

uzávěr je zajištěn v uzavřené poloze pomocí pružiny (2). Z boku do pískovacího kolena vstupuje nátrubek (4), ve kterém je uchycena pískovací tryska (3).

Sypaný písek je strháván tlakovým vzduchem přiváděným pískovací tryskou. Množství sypaného písku se nastavuje zasunutím pískovací trysky do pískovacího kolena. Tlakový vzduch je přiváděn vzduchovým potrubím od ventilu.



Obr. 13: Pískovací koleno³⁶

³⁶ Technická dokumentace hnacích vozidel řady 742

3. Návrh konstrukční úpravy pískovacího zařízení

Pískovací zařízení vozidel nezávislé trakce má odlišnou konstrukci pískovacích kolen, než mají vozidla elektrické trakce. Konstrukční řešení pískovacího kolena vozidel nezávislé trakce neumožňuje dostatečnou regulaci množství sypaného písku.

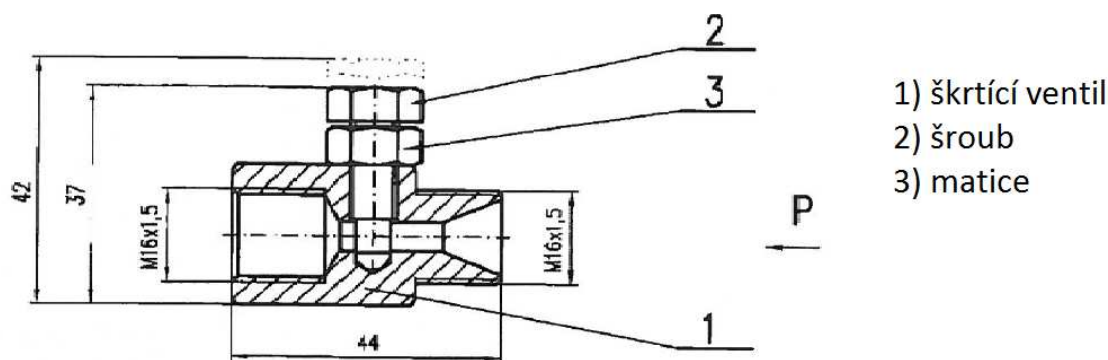
Konstrukční úprava bude navržena pro hnací vozidlo nezávislé trakce řady 742, může však být rozšířena na další hnací vozy nezávislé trakce.

Návrh konstrukční úpravy bude doplněním již navržené konstrukční úpravy autorů Ing. Karla Prince a Ing. Jana Bicka z ČD Cargo a.s. SOKV České Budějovice.

3.1. Popis konstrukční úpravy navržené Ing. Princem a Ing. Bickem³⁷

Navržené konstrukční řešení spočívá v tom, že pomocí škrtícího ventilu (obr. 14) se omezí množství vzduchu proudícího do trysky pískovacího kolena. Škrtící ventil (1) je vešroubován jako vsuvka mezi závit trysky a převlečnou matici přívodu vzduchu. Škrčení proudícího vzduchu se seřizuje pomocí šroubu (2), který má kruhové zakončení. Tento šroub se radiálně zašroubovává do proudu protékajícího vzduchu. Zajištění šroubu v požadované poloze pro kalibraci písečníků je zajištěno kontramatkou (3).

Na hnacím voze jsou vypnuté písečníky na 2. a 3. ose. To znamená, že pískování je prováděno jen na první ose ve směru jízdy.



Obr. 14: Škrtící ventil³⁸

³⁷ PRINC, Karel; BICEK, Jan. *Seřízení vzduchu ve vzduchovém systému pískovacího zařízení I. ř. 742.* SOKV České Budějovice, 2009

³⁸ PRINC, Karel; BICEK, Jan. *Seřízení vzduchu ve vzduchovém systému pískovacího zařízení I. ř. 742.* SOKV České Budějovice, 2009

3.2. Navržená konstrukční úprava

Na hnacím voze dochází ke kolísání tlaku vzduchu z různých důvodů např. brzdění, pískování a využívání tlaku vzduchu v jiných pomocných obvodech lokomotivy. Kolísání tlaku vzduchu má vliv na množství sypaného písku.

Konstrukční úprava bude spočívat v úpravě tlaku vzduchu ve strojovně hnacího vozidla pomocí redukčního ventilu, který bude vsunut na začátek vzduchového systému pískovacího zařízení.

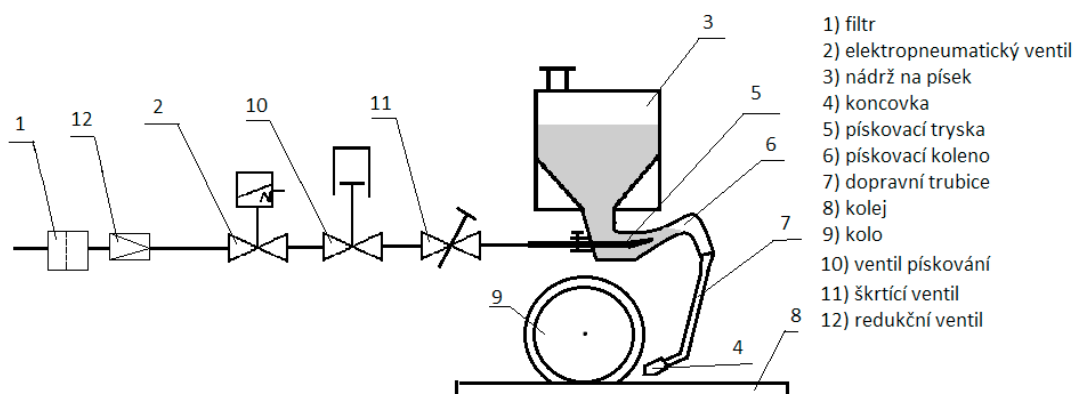
Redukční ventil má za úkol udržovat stálý tlak vzduchu proudícího v systému pískovacího zařízení.

Konstrukční úpravou dosáhneme stálého tlaku potřebného k dosažení stanoveného množství sypaného písku. Toto množství se bude moci regulovat dvěma již využívanými způsoby a jedním novým způsobem. První způsob regulace je závislost sypaného množství písku na poloze trysky v pískovacím koleni. Druhým způsobem je škrcení přívodního tlakového vzduchu do trysky v pískovacím koleni a třetím tedy novým způsobem bude regulace tlaku vzduchu v celém vzduchovém systému pískovacího zařízení.

Cílem navržené úpravy je nastavit tlak proudícího vzduchu v systému pískovacího zařízení na jmenovitou hodnotu například 6 barů, a následně seřídit všechny zapnuté písečníky (písečníky na ose 1 a 4) pomocí škrtícího ventilu a trysky v pískovacím koleni tak, aby bylo sypáno předepsané množství písku.

Při dalších stanovených kontrolách, které jsou v půlročních intervalech, kontrolujeme správnou funkci pískovačů a množství sypaného písku. Předpokládám, že opotřebení pískovačů na vozidle bude téměř stejné a tím i rozdíl množství sypaného písku z jednotlivých pískovačů. Za tohoto předpokladu soudím, že pro další seřízení bude stačit pouze redukčním ventilem upravit tlak vzduchu proudícího vzduchovým systémem pískovacího zařízení. Jestliže se bude množství sypaného písku u některého pískovače i nadále vychylovat od stanoveného množství, bude nutné tento pískovač dodatečně seřídit pomocí škrtícího ventilu nebo umístěním trysky v pískovacím koleni.

Touto úpravou však nevyřešíme další nedostatky tohoto zařízení. Prvním nedostatkem je, že chybí zpětná odezva na činnost pískování, která by v případě zaseknutí ventilu pískování v otevřené poloze automaticky po určité době zastavila pískování. Tím by se zamezilo samovolnému sypaní velkého množství písku na kolej a nesprávné funkci zabezpečovacího systému. Dalším nedostatkem je, že na kolej se sype stále stejné množství písku bez ohledu na rychlost vozidla.



Obr. 15: Schéma navržené úpravy pískovacího zařízení

Výhody:

- stálé množství sypaného písku (stálý tlak v systému),
- menší pravděpodobnost vzniku poruchy u ventilu pro pískovač,
- relativně nízká cena úpravy,
- snadnější nastavení daného množství sypaného písku,
- jednoduchost instalace.

Nevýhody:

- přidání dalšího prvku do systému,
- neřeší další nedostatky tohoto systému.

Pro tuto úpravu navrhuji redukční ventil například od firmy KNOCKS FLUID-technik (obr. 16) typové označení: DR3/4“,5000l/min,25 bar³⁹

³⁹ <http://www.ingstuxsa.cz/product/regulator-tlaku-dr-34-5-000-lmin-25-bar-7878/> - přístup 2.5.2011

Tento ventil navrhuji z důvodu velkého rozsahu regulačního tlaku a velkého průtoku.

Technické informace:⁴⁰

- připojovací závit: 3/4"
- průtok: 5 000 l/min
- vstupní tlak: 25 bar
- regulační rozsah: 0,5 - 10 bar
- manometr: 0 - 16 bar - manometr je součástí dodávky
- rozměry: 163 x 90 mm (výška * šířka)
- pracovní teplota -10°C až +80°C
- materiály: tělo pozinkovaná litina/hliník



Obr. 16: Redukční ventil od firmy KNOCKS FLUID-technik⁴¹

Princip funkce redukčního ventilu⁴²

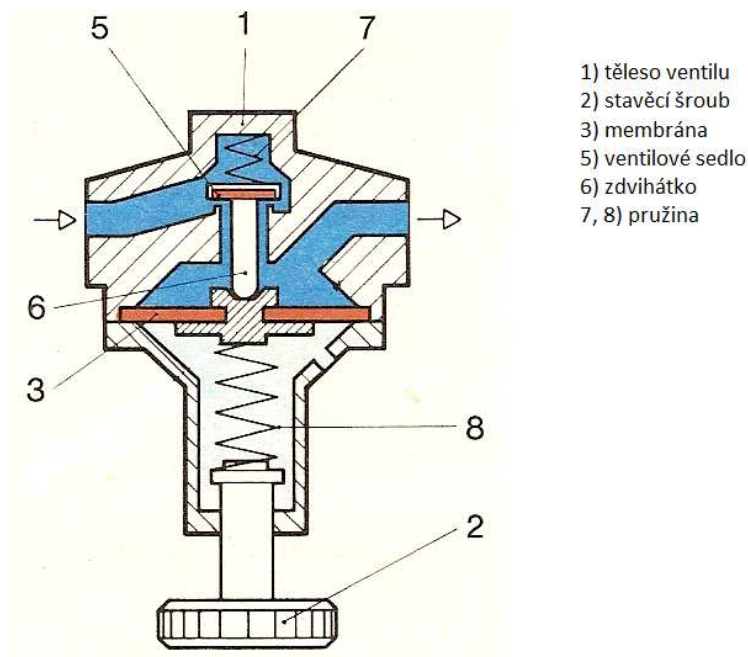
Redukční ventil má za úkol udržovat na svém výstupu konstantní tlak, a to i při kolísání tlaku rozvodové sítě a různé spotřebě vzduchu. Podmínkou správné funkce redukčního ventilu je, že primární tlak musí být vždy větší, než tlak sekundární.

⁴⁰ <http://www.ingstuksa.cz/product/regulator-tlaku-dr-34-5-000-lmin-25-bar-7878/> - přístup 2.5.2011

⁴¹ <http://www.ingstuksa.cz/product/regulator-tlaku-dr-34-5-000-lmin-25-bar-7878/> - přístup 2.5.2011

⁴² www.spstlabview.wz.cz/pneumatika.doc - přístup 28.4.2011

U redukčního ventilu (obr. 17) je stavěcím šroubem (2) nastaveno předpětí pružiny (8) a tím současně předpětí membrány (3). Stavěcím šroubem je nastavena velikost průtoku, neboť tím je ovlivněno větší, či menší otevření průtočného průřezu zdvihátkem (6). Při zvýšení tlaku na výstupní straně dojde k prohnutí membrány (3) proti síle pružiny (8) a pružina (7) společně s přívodním tlakem vzduchu uzavírá ventilové sedlo (5). Naopak při poklesu tlaku na výstupní straně dochází k tomu, že se ventilové sedlo více otevírá a tím je pokles tlaku vyrovnáván.



Obr. 17: Schéma redukčního ventilu⁴³

⁴³ www.spstlabview.wz.cz/pneumatika.doc - přístup 28.4.2011

4. Stanovení údržbového systému pro pískovací zařízení a způsobu měření parametrů

4.1. Stanovení údržbového cyklu pískovacího zařízení

Ke stanovení údržbového systému jsem měl datový soubor, ve kterém byly zaznamenávány jednotlivé údržbové stupně a vzniklé poruchy na pískovacím zařízení za období roku 2009 a 2010.

Datový soubor mi poskytla firma ČD Cargo a.s. - SOKV Ostrava. Obsahuje data o provedených údržbových stupních 16 hnacích vozidel řady 742 a jejich kilometrické proběhy za jednotlivé měsíce.

Při zpracování těchto dat jsem nejprve vypsál kilometrické proběhy mezi jednotlivými poruchami. Jelikož jsem měl k dispozici pouze měsíční proběhy vozidel, bylo nutné přepočítat proběhy k datu poruchy. To jsem provedl tak, že jsem měsíční proběh vydělil počtem dnů v měsíci. Tím jsem dostal průměrné denní kilometry a ty jsem vynásobil počtem dnů, kdy byla porucha zaznamenána.

Celkem bylo v datovém souboru zaznamenáno 170 poruch. Pro odhad rozdělení pravděpodobnosti poruchy jsem použil histogram četnosti.

Histogram četnosti

Nejprve jsem ujeté vzdálenosti mezi poruchami seřadil sestupně. V dalším kroku byl proveden pomocí vzorce (4.1) odhad šířky třídy.

Odhad šířky třídy:⁴⁴

$$\Delta km = \frac{km_{\max} - km_{\min}}{1 + 3,3 \cdot \log N} = \frac{25448 - 288}{1 + 3,3 \cdot \log 170} = 3009,4 \doteq 3000 [km] \quad (4.1)$$

kde:

km_{\max} - maximální proběh mezi poruchami

km_{\min} - minimální proběh mezi poruchami

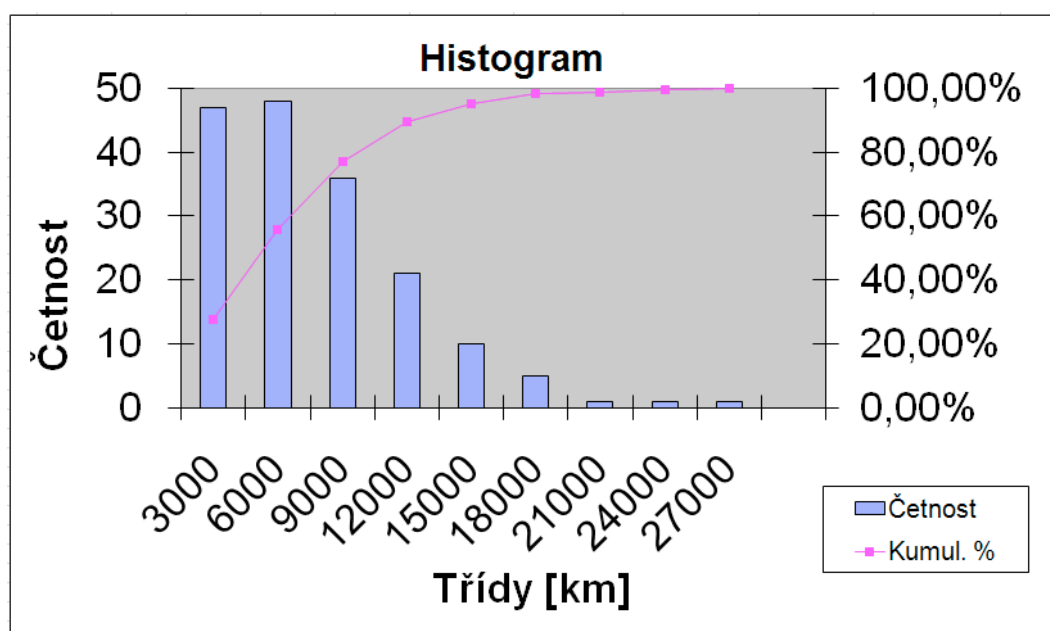
⁴⁴ FAMFULÍK, Jan; MÍKOVÁ, Jana; KRZYŽANEK, R. *Teorie údržby*, VŠB-TU Ostrava, 2007. s. 30

N- počet poruch

Pro vytvoření histogramu jsem využil vestavěné funkce Exelu. Tím jsem dostal tabulku (tab. 4.1.1) a graf histogramu (obr. 18). V tabulce a grafu jsou zaznamenány počty poruch (četnost), kumulativní relativní četnost pro jednotlivé třídy. Z grafu histogramu odhaduji, že data mají Weibullovo rozdělení.

| <i>Třídy [km]</i> | <i>Četnost</i> | <i>Kumul.rel. č. %</i> |
|-------------------|----------------|------------------------|
| 3000 | 47 | 27,65% |
| 6000 | 48 | 55,88% |
| 9000 | 36 | 77,06% |
| 12000 | 21 | 89,41% |
| 15000 | 10 | 95,29% |
| 18000 | 5 | 98,24% |
| 21000 | 1 | 98,82% |
| 24000 | 1 | 99,41% |
| 27000 | 1 | 100,00% |

Tab. 4.1.1: Tabulka histogramu



Obr. 18: Histogram četnosti poruch pískovacího zařízení

Odhad parametrů Weibullova rozdělení⁴⁵

Parametry Weibullova rozdělení odhaduji pomocí lineární regrese.

Postup:

1. uspořádání dob vzestupně
2. výpočet $\ln(t)$
3. pořadová čísla poruch
4. výpočet $F(t) \rightarrow F(m) = \frac{i-0.3}{N+0.4}$
kde:
 i - pořadové číslo poruchy
 N - počet poruch
5. výpočet $Y = \ln(-\ln(1-F(t)))$
6. tvorba grafu X-Y bodový, kde: $x = \ln(t)$, $y = \ln(-\ln(1-F(t)))$
7. výpočet parametrů z rovnice přímky

Vzorové výpočty

$$\ln_1(t) = \ln(288) = 5,66296 \quad (4.2)$$

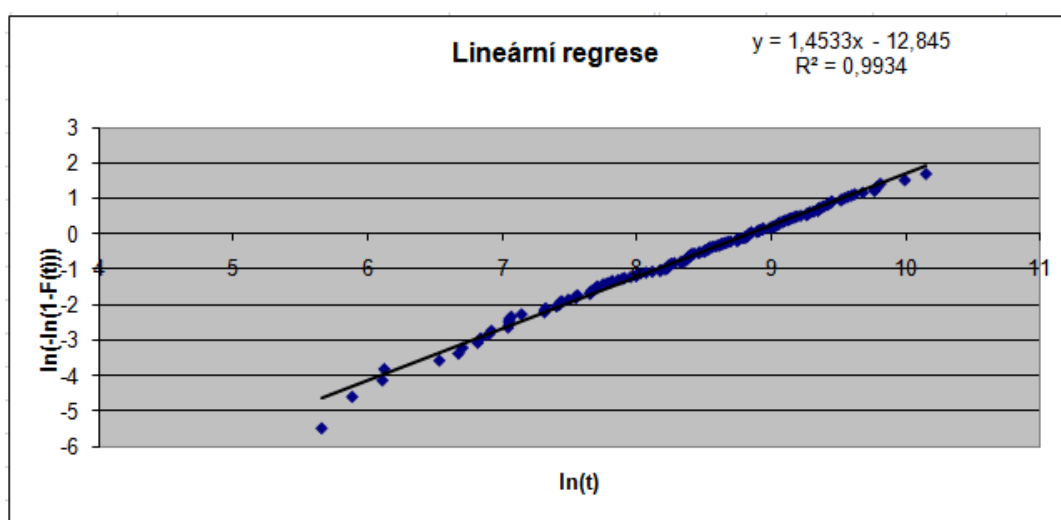
$$F_1(t) = \frac{i-0.3}{N+0.4} = \frac{1-0.3}{170+0.4} = 0.0041 \quad (4.3)$$

$$y_1 = \ln(-\ln(1-F_1(t))) = \ln(-\ln(1-0.0041)) = -5,49277 \quad (4.4)$$

⁴⁵ FAMFULÍK, Jan; MÍKOVÁ, Jana; KRZYŽANEK, R. *Teorie údržby*, VŠB-TU Ostrava, 2007. s. 58

| | |
|--------------------------|------------------------|
| Celkový počet poruch N | 170 |
| Rovnice přímky lin.regr. | $y = 1,4533x - 12,845$ |
| Parametr tvaru m | 1,4533 |
| Parametr měřítka to [km] | 6894,680632 |
| | |
| Střední hodnota Ts [km] | 6249,584333 |
| $(1+1/m)$ | 1,688089176 |
| $\ln(\gamma(1+1/m))$ | -0,098235236 |
| $\gamma(1+1/m)$ | 0,906435652 |

Tab. 4.1.2: Parametry Weibullova rozdělení



Obr. 19: Parametry rovnice přímky

Výpočet parametrů z rovnice přímky⁴⁶

$$y = k \cdot x + q$$

$$y = 1,4533x - 12,845$$

$$k = m \quad m = 1,4533$$

$$q = 12,845$$

$$t_0 = e^{-\frac{q}{m}} = e^{-\frac{12,845}{1,4533}} = 6894,6806 \text{ [km]} \quad (4.5)$$

⁴⁶ FAMFULÍK, Jan; MÍKOVÁ, Jana; KRZYŽANEK, R. *Teorie údržby*, VŠB-TU Ostrava, 2007. s. 59

$$Ts = t_0 \cdot \Gamma(1 + \frac{1}{m}) = 6894,6806 \cdot 0,90644 = 6249,58 [km] \quad (4.6)$$

Kde:

t_0 – parametr měřítka [km]

m – parametr tvaru

Γ - gamma funkce⁴⁷

Pearsonův test dobré shody⁴⁸

Tento test slouží k testování nulové hypotézy v obecném tvaru

H_0 : proběhy mezi poruchami pochází z Weibullova rozdělení

H_1 : proběhy mezi poruchami nepochází z Weibullova rozdělení

| Třídy [km] | Pozorované četnosti | F(t) W2P | Teoretické četnosti | Testová statistika |
|-------------|---------------------|-------------|---------------------|--------------------|
| 3000 | 47 | 0,257989853 | 43,08430537 | 0,355875864 |
| 6000 | 48 | 0,558288726 | 50,14991187 | 0,092166085 |
| 9000 | 36 | 0,770751807 | 35,48133445 | 0,007581844 |
| 12000 | 21 | 0,893274159 | 20,46123288 | 0,01418634 |
| 15000 | 10 | 0,954705675 | 10,25906317 | 0,006541896 |
| 18000 | 5 | 0,982286595 | 4,606013674 | 0,033700557 |
| suma | 167 | | | 0,510052587 |

x_obs

Krit 0,05: 7,814727764

Tab. 4.1.3: Pearsonův test dobré shody

(4.7)

$$\chi_{obs}^2 = G = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - n_{pi})^2}{n_{pi}}$$

kde:

k – počet intervalů (tříd)

n_i – pozorované četnosti

⁴⁷ Pro výpočet v Excelu použijeme funkci GAMMALN, výsledek ale musíme odlogaritmovat

⁴⁸ DORDA, Michal. *Testování statistických hypotéz*. [online]. s. 17-24

Dostupný z WWW: <http://www.342.vsb.cz/> – přístup 6.5.2011

n_{pi} – teoretické četnosti

vzorový výpočet pro testovou statistiku první třídy

$$\begin{aligned}n_{p1} &= (F(t_1) - F(t_0)) \cdot n \\n_{p1} &= (0,558 - 0) \cdot 167 = 43,08\end{aligned}\tag{4.8}^{49}$$

kde:

n – celkový počet očekávaných poruch

$$G_1 = \frac{(n_1 - n_{p1})^2}{n_{p1}} = \frac{(47 - 43,08)^2}{43,08} = 0,3559\tag{4.9}$$

kde:

n – pozorovaná četnost

n_p – teoretická četnost

Testová statistika se spočítá pro všech 6 tříd. Součtem těchto hodnot dostaneme pozorovanou hodnotu testové statistiky x_{obs} .

V našem případě $x_{obs} = 0,51$.

- kritická hodnota x_{krit} – se vypočítá pomocí přednastavené funkce. Podle zadání na hladině významnosti $\alpha = 0,05$, pro počet stupňů volnosti $k-h-1$;

k ... počet tříd, $k = 6$

h ... počet parametrů daného rozdělení, počet parametrů Weibullova rozdělení jsou 2 (tvaru $[m]$ a měřítka $[t_0]$), $h = 2$

počet stupňů volnosti $= 6 - 1 - 2 = 3$

$$\begin{aligned}x_{krit} &= \chi^2_{(1-\alpha);k-h-1} = \text{CHIINV}(\alpha; k-h-1) \\x_{krit} &= \text{CHIINV}(0,05; 3) = 7,815\end{aligned}\tag{4.10}^{50}$$

⁴⁹ Pro výpočet $F(t)$ v Exelu použijeme funkci WEIBULL

⁵⁰ výpočet x_{krit} použijeme funkci Exelu CHIINV

V Pearsovu testu dobré shody vyšlo $x_{obs} < x_{krit} \rightarrow$ nezamítáme H_0

V našem případě platí $0,51 < 7,815 \rightarrow$ nezamítáme H_0 .

Proběhy mezi poruchami pochází z Weibullova rozdělení.

Pravděpodobnost bezporuchového stavu⁵¹

Pro jednotlivé proběhy mezi poruchami jsem vypočítal pravděpodobnosti bezporuchového stavu. Z těchto hodnot jsem vytvořil graf bezporuchovosti pískovacího zařízení (obr. 20).

Pro znázornění proběhu bezporuchového stavu jsem vytvořil tabulku (tab. 4.1.4).

Vzorový výpočet pravděpodobnosti bezporuchového stavu pískovacího zařízení po ujetí vozidla 1 000 km:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{t_0}\right)^m} \quad (4.11)$$

kde:

t – proběh [km]

t_0 – parametr měřítka [km]

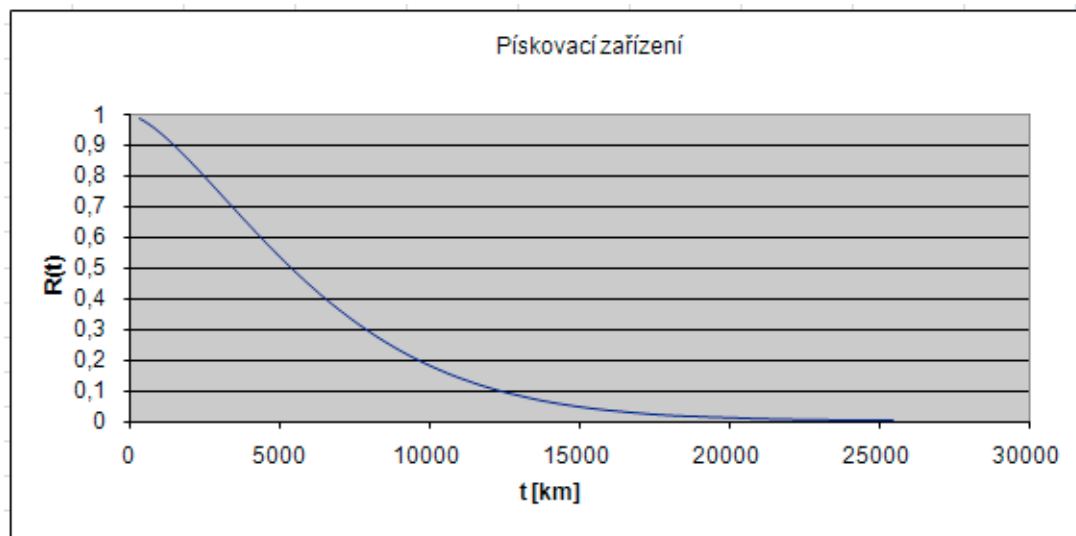
m – parametr tvaru

$$R(t) = e^{-\left(\frac{1000}{6894,68}\right)^{1,4533}} = 0,9413 \quad (4.12)$$

| t [km] | R(t) |
|--------|----------|
| 1000 | 0,941342 |
| 2000 | 0,847445 |
| 4000 | 0,635544 |
| 6000 | 0,441711 |
| 8000 | 0,289032 |
| 10000 | 0,179663 |
| 15000 | 0,045294 |
| 20000 | 0,009088 |
| 25000 | 0,001501 |

⁵¹ FAMFULÍK, Jan; MÍKOVÁ, Jana; KRZYŽANEK, R. *Teorie údržby*, VŠB-TU Ostrava, 2007. s. 49

Tab. 4.1.4: Závislost bezporuchovosti pískovacího zařízení na ujeté dráze



Obr. 20: Závislost bezporuchovosti pískovacího zařízení na ujeté dráze

Údržbový cyklus pískovacího zařízení navrhují při provozním ošetření, tedy po průběhu 1 000 - 2 000 km. Pravděpodobnost bezporuchového stavu se bude pochybovat v rozmezí $\langle 0,9413 - 0,8474 \rangle$. Při tomto údržbovém cyklu se bude provádět funkční zkouška pískovacího zařízení, případně doplnění zásobníků písku na vozidle.

4.2. Stanovení údržbového cyklu elektropneumatického ventilu

Pro stanovení údržbového cyklu elektropneumatického ventilu jsem zpracoval z datového souboru proběhy mezi jednotlivými poruchami elektropneumatického ventilu (dále jen EPV).

Stanovení údržbového cyklu EPV je důležité z důvodu správné funkce pískovacího zařízení. Při jeho poruše je systém pískování nefunkční. Z datového souboru jsem získal proběhy mezi jednotlivými poruchami. Tímto jsem dostal 16 poruch EPV na jednotlivých vozidlech.

Postup je stejný jako u 4.1. Stanovení údržbového systému pískovacího zařízení.

Histogram četnosti

Nejprve jsem ujeté vzdálenosti mezi poruchami seřadil sestupně. V dalším kroku byl proveden pomocí vzorce (4.13) odhad šířky třídy.

Odhad šířky třídy:⁵²

$$\Delta km = \frac{km_{\max} - km_{\min}}{1 + 3,3 \cdot \log N} \quad (4.13)$$

kde:

km_{\max} - maximální proběh mezi poruchami

km_{\min} - minimální proběh mezi poruchami

N- počet poruch

$$\Delta km = \frac{62097 - 26089}{1 + 3,3 \cdot \log 16} = 7239,83 \doteq 7000 [km] \quad (4.14)$$

U histogramu četností jsou při této šířce třídy dva vrcholy, z toho důvodu je nutné upravit šířku třídy tak, aby byl vrchol jen jeden.

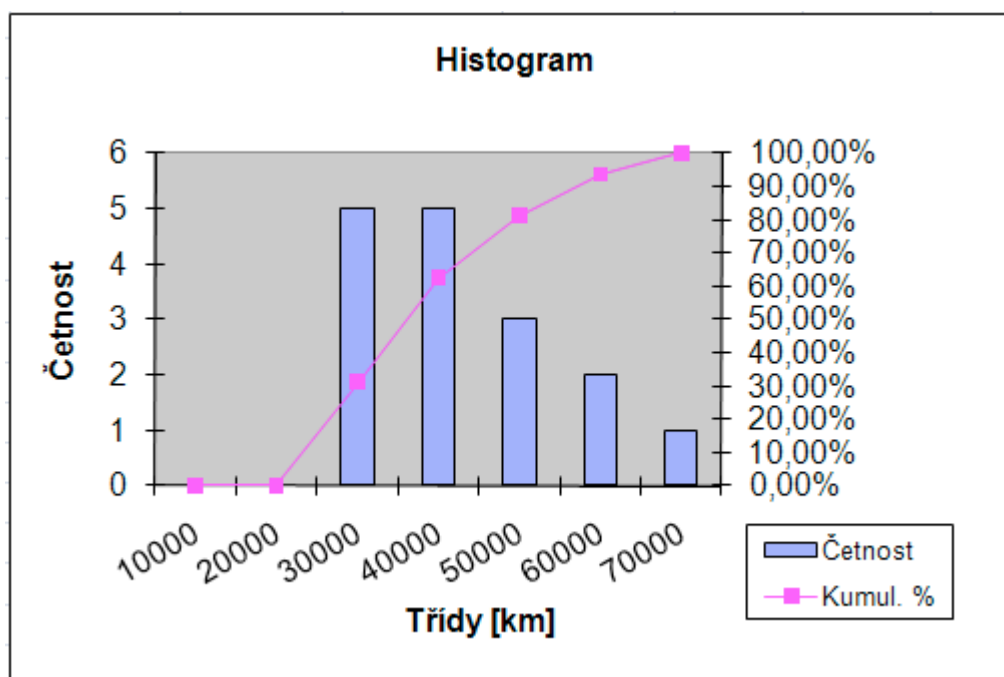
Upravená šířka třídy bude 10 000 [km]

Z grafu histogramu odhaduji, že data mají Weibullovo rozdělení.

| <i>Třídy [km]</i> | <i>Četnost</i> | <i>Kumul.rel. č. %</i> |
|-------------------|----------------|------------------------|
| 10000 | 0 | 0,00% |
| 20000 | 0 | 0,00% |
| 30000 | 5 | 31,25% |
| 40000 | 5 | 62,50% |
| 50000 | 3 | 81,25% |
| 60000 | 2 | 93,75% |
| 70000 | 1 | 100,00% |

Tab. 4.2.1: Tabulka histogramu poruch EPV

⁵² FAMFULÍK, Jan; MÍKOVÁ, Jana; KRZYŽANEK, R. *Teorie údržby*, VŠB-TU Ostrava, 2007. s. 30



Obr. 21: Histogram četnosti poruch EPV

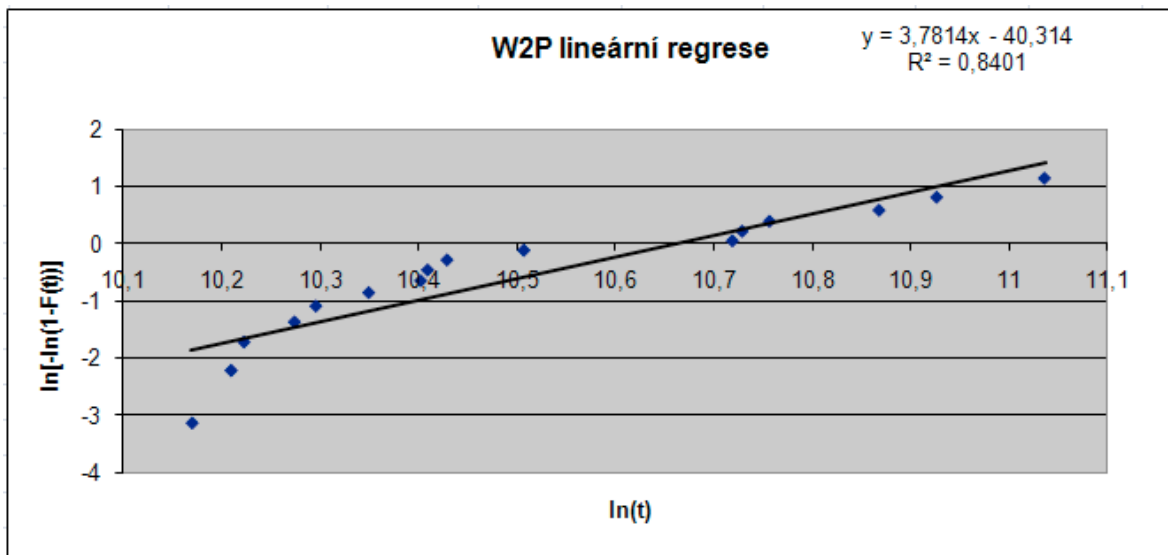
Odhad parametrů Weibullova rozdělení⁵³

Parametry Weibullova rozdělení odhaduji pomocí lineární regrese.

| | |
|----------------------------|--------------------|
| Celkový počet poruch N | 16 |
| Rovnice přímky lin.regr. | $y=3,7814x-30,614$ |
| Parametr tvaru m | 3,7814 |
| Parametr měřítka to [km] | 42664,8552 |
| | |
| Střední hodnota Ts [km] | 38549,4114 |
| $(1+1/m)$ | 1,26445232 |
| $\ln(\text{gamma}(1+1/m))$ | -0,10143469 |
| $\text{gamma}(1+1/m)$ | 0,90354019 |

Tab. 4.2.2: Parametry Weibullova rozdělení

⁵³ FAMFULÍK, Jan; MÍKOVÁ, Jana; KRZYŽANEK, R. *Teorie údržby*, VŠB-TU Ostrava, 2007. s. 58



Obr. 22: Parametry rovnice přímky

Výpočet parametrů z rovnice přímky⁵⁴

$$y = k \cdot x + q$$

$$y = 3,7814x - 40,314$$

$$k = m \quad m = 3,7814$$

$$q = 40,314$$

$$t_0 = e^{-\frac{q}{m}} = e^{-\frac{40,314}{3,7814}} = 42664,86 [km] \quad (4.15)$$

$$Ts = t_0 \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{m}\right) = 42664,86 \cdot 0,90354 = 38549,14 [km] \quad (4.16)$$

Kde:

t_0 – parametr měřítka [km]

m – parametr tvaru

Γ - gamma funkce⁵⁵

Pearsonův test dobré shody⁵⁶

Tento test slouží k testování nulové hypotézy v obecném tvaru

⁵⁴ FAMFULÍK, Jan; MÍKOVÁ, Jana; KRZYŽANEK, R. *Teorie údržby*, VŠB-TU Ostrava, 2007. s. 59

⁵⁵ Pro výpočet v Excelu použijeme funkci GAMMALN, výsledek ale musíme odlogaritmovat

⁵⁶ DORDA, Michal. *Testování statistických hypotéz*. [online]. s. 17-24

Dostupný z WWW: <http://www.342.vsb.cz/> – přístup 6.5.2011

H0: proběhy mezi poruchami pochází z Weibullova rozdělení

H1: proběhy mezi poruchami nepochází z Weibullova rozdělení

U tohoto testu je zapotřebí, aby byly pozorované četnosti ve všech třídách větší než 5. Není-li tento předpoklad splněn, je zapotřebí příslušné třídy vhodně sloučit. To má za následek pokles stupňů volnosti. V mém případě není sloučení možné, protože mám jen 16 pozorovaných jevů a musel bych je sloučit do 3 tříd. To by mělo za následek pokles stupňů volnosti na nulu. Z toho důvodu nechávám pozorované četnosti v původním stavu. Pearsonův test mi vyšel, i když jsem sloučil dvě poslední třídy a stupeň volnosti jsem snížil na 1.

| Třídy [km] | Pozorované četnosti | F(t) W2P | Teoretické četnosti | Testová statistika |
|-------------|---------------------|-------------|---------------------|--------------------|
| 30000 | 5 | 0,232042633 | 3,71268213 | 0,44635852 |
| 40000 | 5 | 0,543230966 | 4,97901332 | 0,00008846 |
| 50000 | 3 | 0,838290554 | 4,72095341 | 0,62734799 |
| 60000 | 2 | 0,97349418 | 2,16325801 | 0,01232085 |
| 70000 | 1 | 0,99850089 | 0,40010736 | 0,89943653 |
| suma | 16 | | | 1,98555235 |

x_obs

| | |
|------------|------------|
| Krit 0,05: | 5,99146455 |
|------------|------------|

Tab. 4.2.3: Pearsonův test dobré shody

$$x_{obs} = G = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - n_{pi})^2}{n_{pi}} \quad (4.17)$$

kde:

k – počet intervalů (tříd)

n_i – pozorované četnosti

n_{pi} – teoretické četnosti

vzorový výpočet pro testovou statistiku první třídy

$$\begin{aligned}n_{p1} &= (F(t_1) - F(t_0)) \cdot n \\n_{p1} &= (0,232 - 0) \cdot 16 = 3,71\end{aligned}\tag{4.18}^{57}$$

kde:

n – celkový počet očekávaných poruch

$$G_1 = \frac{(n_1 - n_{p1})^2}{n_{p1}} = \frac{(5 - 3,71)^2}{3,71} = 0,4463\tag{4.19}$$

kde:

n – pozorovaná četnost

n_p – teoretická četnost

Testová statistika se spočítá pro všech 5 tříd. Součtem všech těchto hodnot dostaneme pozorovanou hodnotu testové statistiky x_{obs} .

V našem případě $x_{obs} = 1,9856$

- kritická hodnota x_{krit} – pomocí přednastavené funkce. Podle zadání na hladině významnosti $\alpha = 0,05$, pro počet stupňů volnosti k-h-1;

k - počet tříd, k = 5

h - počet parametrů daného rozdělení, počet parametrů Weibullova rozdělení jsou 2 (tvaru [m] a měřítka [t₀]), h = 2

počet stupňů volnosti = 5-1-2 = 2

$$\begin{aligned}x_{krit} &= \chi^2_{(1-\alpha);k-h-1} = \text{CHIINV}(\alpha; k-h-1) \\x_{krit} &= \text{CHIINV}(0,05; 2) = 5,991\end{aligned}\tag{4.20}^{58}$$

V našem případě platí $x_{obs} < x_{krit}$

⁵⁷ Pro výpočet F(t) v Exelu použijeme funkci WEIBULL

⁵⁸ Pro výpočet X_{krit} použijeme funkci Exelu CHIINV

$1,9856 < 5,991 \rightarrow$ nezamítáme H_0 .

Proběhy mezi poruchami pochází z Weibullova rozdělení.

Pravděpodobnost bezporuchového stavu⁵⁹

Pro jednotlivé proběhy mezi poruchami EPV jsem vypočítal pravděpodobnosti bezporuchového stavu. Z těchto hodnot jsem vytvořil graf bezporuchovosti pískovacího zařízení (obr. 23).

Pro znázornění proběhu bezporuchového stavu jsem vytvořil tabulku (tab. 4.2.4)

Vzorový výpočet pravděpodobnosti bezporuchového stavu EPV po ujetí vozidla 24 000 km.

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{t_0}\right)^m} = e^{-\left(\frac{24000}{42664,856}\right)^{3,7814}} = 0,893 \quad (4.21)$$

kde:

t – proběh [km]

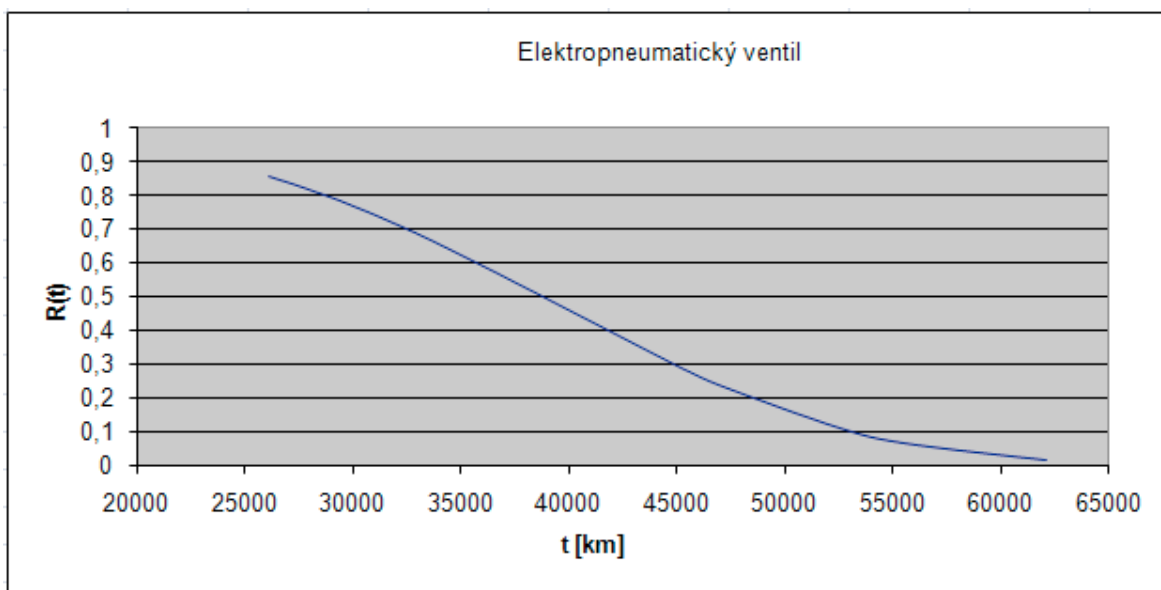
t_0 – parametr měřítka [km]

m – parametr tvaru

| t [km] | R(t) |
|--------|----------|
| 18000 | 0,962463 |
| 24000 | 0,892661 |
| 27000 | 0,837562 |
| 30000 | 0,767957 |
| 40000 | 0,456769 |
| 50000 | 0,161709 |
| 60000 | 0,026506 |

Tab. 4.2.4: Závislost bezporuchovosti EPV na ujeté dráze

⁵⁹ FAMFULÍK, Jan; MÍKOVÁ, Jana; KRZYŽANEK, R. *Teorie údržby*, VŠB-TU Ostrava, 2007. s. 49



Obr. 23: Závislost bezporuchovosti EPV na ujeté dráze

Údržbový cyklus EPV navrhují při malé preventivní prohlídce, tedy v rozmezí 18 000 – 24 000 km. Pravděpodobnost bezporuchového stavu EPV se bude pochybovat v rozmezí $<0,9624 - 0,8927>$. Při tomto údržbovém cyklu se bude provádět výměna EPV za ventil repasovaný. Repasování ventilů bude průběžně provádět dílna pneumatiky při dostatku času.

4.3. Navržení údržbového systému

Údržbový systém pískovacího zařízení bude probíhat ve dvou stupních. První stupeň se bude provádět při provozním ošetření, druhý stupeň při malé periodické prohlídce.

Rozsah údržby při provozním ošetření

Údržba se bude provádět při každém provozním ošetření, tedy po ujetí 1 000 až 2 000 km. Předpokládaná pracnost údržby pískovacího zařízení je 1 hodina.⁶⁰

⁶⁰ HRANOŠ, Vladimír. *Osobní sdělení*. ČD Cargo a.s., SOKV Ostrava, Ostrava. 9.5.2011

Rozsah bude následující:

- funkční zkouška pískovacího zařízení,
- kontrola stavu jednotlivých částí pískovacího zařízení,
- případné doplnění zásobníků písku na lokomotivě.

Funkční zkoušku provedeme tak, že nejprve zkusíme pískování v jednom směru a následně přepneme směr jízdy a provedeme zkoušku pískování druhého směru. Při této zkoušce sledujeme, zda dochází k sypání písku u jednotlivých kol.

Kontrola stavu jednotlivých částí pískovacího zařízení bude provedena následujícím postupem. Nejprve vizuálně zkontrolujeme pískovací trysky, kontrolujeme, zda nejsou ohnuté či jinak poškozené. Kontrola pískovacího kolena proběhne u funkční zkoušky. Pokud dochází k sypání písku, víme, že koleno či pískovací tryska nejsou ucpány pískem. Jako další kontrolujeme ventil pro pískovač a elektropneumatický ventil. Zde kontrolujeme případnou netěsnost či nesprávnou funkčnost. Nesprávnou funkčnost odhalíme při funkční zkoušce tak, že buď nesype jeden směr, nebo dochází k trvalému sypání písku. Případnou netěsnost odhalíme poslechem syčení v prostoru ventilu.

Dalším úkolem je zkontrolovat množství písku v nádržích a případné doplnění dosypáním písku do nádrží z pytlů s pískem nebo na zbrojícím stanovišti.

Rozsah údržby provedené při malé periodické prohlídce

Údržba se bude provádět při každé malé periodické prohlídce, tedy po ujetí 18 000 – 24 000 km a při každém vyšším údržbovém stupni (vyvazovací oprava, hlavní oprava). Předpokládaná pracnost je odhadována na 10 hodin a na 14 hodin při výměně pískovacího ventilu.⁶¹

Rozsah bude následující:

- výměna elektropneumatického ventilu,
- podle typu filtru výměna nebo čištění filtru vzduchu,
- čištění redukčního ventilu,
- měření množství vysypaného písku za dobu 30 sekund a případné seřízení,

⁶¹ HRANOŠ, Vladimír. *Osobní sdělení*. ČD Cargo a.s., SOKV Ostrava, Ostrava. 9.5.2011

- výměna ventilu pískování (bude provedena při každé druhé malé periodické prohlídce).

Nejprve provedeme kontrolu stavu jednotlivých dílů stejně jako u provozního ošetření, jen nebudeme kontrolovat díly, u nichž dojde k výměně.

Následně vypustíme vzduchovou soustavu, abychom mohli provést výměnu jednotlivých dílů.

Elektropneumatický ventil demontujeme z lokomotivy a následně namontujeme ventil repasovaný. Demontovaný ventil předáme na pracoviště pneumatiky na místo určené pro ventily k repasování. Repasování ventilu spočívá v jeho rozebrání. Jednotlivé díly budou vyčištěny a následně namazány olejem. Pryžové díly budou vyměněny za nové. Po těchto úkonech bude ventil smontován a uložen na místo určené pro repasované ventily.

Výměna ventilu pro pískování bude provedena každou druhou malou periodickou prohlídkou. Bude probíhat stejným způsobem jako u elektropneumatického ventilu.

Následuje výměna nebo čištění podle druhu vzduchového filtru. Filtr vzduchu, u kterého je možnost jeho vyčištění, podle konstrukce demontujeme buď celý, nebo jen jeho vložku. Čištění provedeme podle druhu filtru buď tlakovým vzduchem, nebo propláchnutím např. v technickém benzínu. A následně jen namontujeme na vozidlo. Filtr určený k výměně demontujeme z vozidla a nahradíme filtrem novým.

Čištění redukčního ventilu provedeme tak, že ventil na vozidle rozděláme a vyčistíme od usazených nečistot pomocí např. kusu textilie namočené v technickém benzínu. Po vyčištění ventil smontujeme.

Po výměně jednotlivých dílů naplníme vzduchovou soustavu lokomotivy a provedeme měření množství sypaného písku za dobu 30 sekund. Postup měření a případného seřízení je popsán v následující kapitole.

Díky navrženému údržbovému systému se očekává malý výskyt poruch, tedy vysoká bezporuchovost v rozmezí <0,9413 – 0,8474>.

4.4. Způsob měření množství sypaného písku

Množství sypaného písku se měří na hnacím voze poměrně jednoduchým způsobem. Hlavním požadavkem je, aby bylo z jednotlivých pískovačů sypáno normou stanovené množství písku.

Naměřené hodnoty se zapisují do předem připraveného protokolu.

Měření množství sypaného písku se provádí ve stanovených intervalech.

Údržbové stupně, při kterých se provádí měření⁶²

- Provozní ošetření O (POS) – nejnižší údržbový stupeň, pro lokomotivy 742 se dělá po ujetí 1 000 – 2 000 kilometrů. Provádí se pouze funkční zkouška pískování, případně se doplní zásobníky na lokomotivě.
- Malá prohlídka M (MPR) – vyšší údržbový stupeň, dělá se po ujetí 20 000 – 24 000 km. Kromě výše uvedeného se měří množství sypaného písku za 30 sekund a případně seřízení sypaného množství.
- Technická kontrola TK (TEK) – nařízená zákonem o drahách a to co 6 měsíců bez ohledu na ujeté kilometry, pro pískování je rozsah stejný jako u M.
- Běžná oprava B (NEO) – dříve byla označována jako neplánovaná, zahrnuje údržby po poruše zjištěné strojvedoucím nebo také v depu při jiném údržbovém stupni.

Protokol pískovacího zařízení hnacího vozidla

Protokol pískovacího zařízení hnacího vozidla (obr. 24) obsahuje tyto údaje:

- název organizace provádějící měření,
- označení hnacího vozidla,
- datum měření,
- rozsah měření,
- naměřené hodnoty pískování,
- jméno a podpis měřícího technika,

⁶² HRANOŠ, Vladimír. *Osobní sdělení*. e-mail. 29.4.2011

Pokud není sypané množství písku v předepsaném rozmezí, provede se seřízení nevyhovujících pískovačů. Způsob seřízení bude záležet na jednotlivých rozdílech sypaného množství písku z jednotlivých pískovacích koncovek. Vhodný způsob seřízení stanoví měřící technik na základě svých zkušeností. Seřízení množství sypaného písku se provádí buď změnou tlaku pomocí redukčního ventilu - snížením výstupního tlaku z redukčního ventilu snížíme množství sypaného písku, v opačném případě je tomu naopak. Další způsob je změnou množství proudícího vzduchu pomocí škrťacího ventilu, to se provede změnou zašroubení škrťacího šroubu - čím více šroub zašroubíme tím více snížíme sypané množství. Posledním způsobem je změna zasunutí pískovací trysky v pískovacím koleni, kterou provedeme tak, že tryšku povolíme a změníme její zasunutí v pískovacím koleni. V případě že tryšku více zasuneme, snížíme sypané množství písku a naopak.

Po dosažení stanovených hodnot, zapíše technik naměřené hodnoty do protokolu, vyplní další předepsané údaje a zakroužkuje, v jakém rozsahu údržby bylo měření provedeno. Tyto protokoly se dále archivují.

5. Ekonomické zhodnocení

5.1. Stanovení počtu údržbových zásahů v jednom cyklu

Kilometrické proběhy pro přístavení kolejových vozidel řady 742 do periodických prohlídek a oprav jsou zaznamenány v tabulce (tab. 5.1)

| | Označení | Kilometrický proběh [tis. km] | Střední kilometrický proběh [tis. km] |
|---------------------------|----------|-------------------------------|---------------------------------------|
| Provozní ošetření | O | 1 - 2 | 1,5 |
| Malá periodická prohlídka | M | 18 - 24 | 21 |
| Vyvazovací oprava | VY | 300 | 300 |
| Hlavní oprava | H | 600 | 600 |

Tab. 5.1: Hodnoty kilometrického proběhu mezi údržbovými zásahy⁶⁴

Výpočet počtu údržbových zásahů⁶⁵

- hlavní opravy

$$N_H = \frac{L_H}{L_H} = \frac{600}{600} \quad (5.1)$$

$$N_H = 1$$

- vyvazovací opravy

$$N_{VY} = \frac{L_H}{L_{VY}} - N_H = \frac{600}{300} - 1 \quad (5.2)$$

$$N_{VY} = 1$$

- malé prohlídky

$$N_M = \frac{L_H}{L_M} - N_V - N_{VY} - N_H = \frac{600}{21} - 1 - 1 \quad (5.3)$$

$$N_M = 26,57 \doteq 27$$

- provozní ošetření

$$N_O = \frac{L_H}{L_O} - N_M - N_{VY} - N_H = \frac{600}{1,5} - 27 - 1 - 1 \quad (5.4)$$

$$N_O = 371$$

⁶⁴ Interní dokumentace ČD Cargo a.s. KVs1-B 2009, příloha č.II

⁶⁵ ŠKAPA, Petr. *Provoz dep I*, VŠB-TU Ostrava, 2004. s. 65

Výpočet ceny údržbových zásahů pískovacího zařízení

Výpočtem dostaneme odhadovanou cenu všech údržbových zásahů podle předešlého výpočtu až po hlavní opravu H.

V následujících výpočtech budu počítat s cenou za 1 hodinu práce 350 Kč.⁶⁶

Pracnost jednotlivých údržbových zásahů:

- provozní ošetření O – 1 hod,
- malá periodická prohlídka M – budu počítat s průměrnou hodnotou pracnosti 12 hod,
- u velké periodické prohlídky V, vyvazovací periodické opravy VY a hlavní opravy H je rozsah stejný jako u malé prohlídky M.

Udávané časové hodnoty jsou průměrnými dobami potřebnými na kontrolu, seřízení množství sypaného písku a provedení stanovené údržby.

Cena všech provozních ošetření:

$$CENA_O = N_O \cdot t_p \cdot 350 = 371 \cdot 1 \cdot 350 = 129\,850 \text{ Kč} \quad (5.5)$$

kde:

N_O - počet provozních ošetření

t_p - pracnost (hod)

Cena všech malých preventivních prohlídek:

$$CENA_M = N_{Mcelk} \cdot t_p \cdot 350 = 29 \cdot 12 \cdot 350 = 121\,800 \text{ Kč} \quad (5.6)$$

N_{Mcelk} - celkový počet malých prohlídek

t_p - pracnost (hod)

$$N_{Mcelk} = N_M + N_{VY} + N_H = 27 + 1 + 1 = 29 \quad (5.7)$$

kde:

N_M – počet malých prohlídek

⁶⁶ FAMFULÍK, Jan. *Osobní sdělení*. VŠB-TU Ostrava, Ostrava. 5.5.2011

N_{VY} – počet vyvazovacích oprav

N_H – počet hlavních oprav

Celková cena všech údržbových zásahů jednoho vozidla:

$$CELKOVÁ\ CENA_1 = CENA_O + CENA_M = 129\,850 + 121\,800 = 251\,650\, Kč \quad (5.8)$$

Celková cena všech údržbových zásahů 16 vozidel:

$$CELKOVÁ\ CENA_{16} = CELKOVÁ\ CENA_1 \cdot 16 = 251\,650 \cdot 16 = 4\,026\,400\, Kč \quad (5.9)$$

5.2. Výpočet ceny běžných oprav⁶⁷

Pro výpočet ceny běžných oprav musíme nejprve vypočítat střední počet poruch za stanovenou dobu. V mém případě to bude po proběhu 600 000 km, tedy hlavní opravy.

Pro výpočet použiji Poissonovo rozdělení, kterým vypočtu pravděpodobnost výskytu jedné události v daném intervalu.

$$P(x = k) = \frac{(\lambda \cdot t)^k}{k!} \cdot e^{-\lambda \cdot t} \quad (5.10)$$

kde:

λ – intenzita poruch

k – počet sledovaných jevů (poruch)

t – délka intervalu, ve kterém sledujeme pravděpodobnost výskytu jevu [km]

Výpočtem pravděpodobnosti pro $k = 0$ (nulový počet poruch) stanovíme bezporuchovost pískovacího zařízení a dopočtem do jedničky stanovíme pravděpodobnost vzniku poruch

⁶⁷ FAMFULÍK, Jan; MÍKOVÁ, Jana; KRZYŽANEK, R. *Teorie údržby*, VŠB-TU Ostrava, 2007. s. 54

$$\lambda(t) = \frac{m}{t_0} \cdot \left(\frac{t}{t_0} \right)^{m-1} \quad (5.11)^{68}$$

kde:

t – délka intervalu [km]

m – parametr tvaru

t₀ – parametr měřítka [km]

Počet oprav v intervalu 2 000 km (horní hranice provozního ošetření) všech 16 vozidel.

$$\lambda(t) = \frac{m}{t_0} \cdot \left(\frac{t}{t_0} \right)^{m-1} = \frac{1,4533}{6894,7} \cdot \left(\frac{2000}{6894,7} \right)^{1,4533-1} = 0,00012 \quad (5.12)$$

$$P(k=0) = 1 - \frac{(\lambda \cdot t)^k}{k!} \cdot e^{-\lambda \cdot t} = \frac{(0,00012 \cdot 2000)^0}{0!} \cdot e^{-0,00012 \cdot 2000} = 0,7862 \quad (5.13)$$

$$F(x) = 1 - P(k=0) = 1 - 0,7862 = 0,2138 \quad (5.14)$$

Střední počet poruch pískovacího zařízení

$$m_p = n \cdot F(x) = 16 \cdot 0,2138 = 3,42 \doteq 4 \quad (5.15)$$

kde:

n – počet vozidel

Pracnost jednotlivých oprav:⁶⁹

- EPV 5 hodiny,

⁶⁸ FAMFULÍK, Jan; MÍKOVÁ, Jana; KRZYŽANEK, R. *Teorie údržby*, VŠB-TU Ostrava, 2007. s. 49

⁶⁹ HRANOŠ, Vladimír. *Osobní sdělení*. ČD Cargo a.s., SOKV Ostrava, Ostrava. 9.5.2011

- ucpané pískovací koleno 4 hodiny,
- ohnutá tryska 2 hodiny,
- pískovací ventil 5 hodiny.

Dále budu počítat s průměrnou dobou opravy 4 hodiny.

$$CENA\ OPRAV = \frac{T}{t} \cdot m_p \cdot t_p \cdot 350 = \frac{600\,000}{2000} \cdot 4 \cdot 4 \cdot 350 = 1\,680\,000\, Kč \quad (5.16)$$

kde:

T – interval hlavní opravy [km]

t – interval provozního ošetření [km]

m_p – střední počet poruch

t_p – průměrná doba opravy [h]

Předpokládaná celková cena všech údržbových zásahů 16 hnacích vozidel je 4 026 400 Kč a cena vypočítaných oprav těchto vozidel je 1 680 000 Kč. Tyto ceny jsem počítal pouze za provedenou práci, tedy ceny nezahrnují náhradní díly, potřebný materiál ani energie.

6. Závěr

Správná funkce pískovacího zařízení je důležitá nejen kvůli zvyšování adheze mezi kolem a kolejnicí, ale také kvůli bezpečnosti provozu vozidel. Nesprávná funkce tohoto zařízení může mít za následek zamezení detekce projíždějícího vlaku vlakovým zabezpečovacím zařízením a tím může dojít k vážným nehodám.

V této práci jsem popsal stávající řešení pískovacího zařízení pro hnací vozidla a shromáždil konstrukční řešení tohoto zařízení.

Dále jsem se zaměřil na úpravu pískovacího zařízení. Navrhovaná úprava spočívá v přidání redukčního ventilu, který bude udržovat stálý tlak vzduchu při pískování. Tím bude zajištěno sypaní stejného množství písku mezi kolo a kolej. Jednodušší bude také seřízení sypaného množství písku, které se za předpokladu stejného opotřebení pískovacích kolen bude provádět změnou tlaku na výstupu z tohoto ventilu.

Ke stanovení údržbového systému jsem měl k dispozici data 16 hnacích vozidel řady 742. Tato data obsahovala údaje o provedených údržbových zásazích a běžných opravách provedených na těchto vozidlech za období roků 2009 a 2010.

Údržbový systém pískovacího zařízení bude probíhat ve dvou fázích. První fáze bude při provozním ošetření, tedy po ujetí 1 – 2 tis. km a jejím obsahem bude kontrola jednotlivých částí pískovacího zařízení a funkční zkouška. Druhá fáze bude při malé periodické prohlídce, která se provádí v rozmezí 18 – 24 tis. km. Bude zahrnovat kontrolu množství sypaného písku, výměnu elektropneumatického ventilu za repasovaný, výměnu nebo vyčištění vzduchového filtru a vyčištění redukčního ventilu. Výměna pískovacího ventilu za ventil repasovaný se bude provádět každou druhou malou periodickou prohlídku.

Díky takto stanovenému údržbovému systému by mělo pískovací zařízení dosahovat vysoké pravděpodobnosti bezporuchovosti pohybující se kolem 90 %.

Velkou výhodou je, že navržená úprava a údržbový systém lze použít i pro další hnací vozidla nezávislé trakce.

Předpokládaná cena údržbových zásahů, kterou jsem počítal pro všech 16 vozidel až po hlavní opravu, tedy po najetí 600 tis. km je 4 026 400 Kč a předpokládaná cena běžných oprav těchto vozidel je 1 680 000 Kč. V těchto cenách je zahrnuta cena práce a nejsou v nich zahrnuty náklady na náhradní díly a energie potřebné pro údržbu.

Na závěr bych chtěl poděkovat mému vedoucímu diplomové práce p. Ing. Famfulíkovi Ph.D. a p. Vladimírovi Hranošovi Ph.D. za uskutečněné konzultace. Dále bych chtěl poděkovat firmě ČD Cargo a.s. SOKV Ostrava za poskytnutí datového souboru, na základě kterého jsem navrhl údržbový systém.

7. Seznam použitých pramenů

IZER, J. *Kolejové vozy Dodatek*, ALFA Bratislava, 1988. 88 s.

DOSTÁL, J.; HELLER, P. *Kolejová vozidla I.*

ZČU Plzeň, 2007. 122 s. ISBN 978-80-7043-520-5

ŠKAPA, Petr. *Provoz dep I.*

VŠB-TU Ostrava, 2004. 93 s. ISBN 80-248-0540-5

ŠKAPA, Petr. *Provoz dep II.*

VŠB-TU Ostrava, 2004. 117 s. ISBN 80-248-0670-3

FAMFULÍK, Jan; MÍKOVÁ, Jana; KRZYŽANEK, Radek. *Teorie údržby.*

VŠB-TU Ostrava, 2007. 237 s. ISBN 978-80-248-1509-1

PRINC, Karel; BICEK, Jan. *Seřízení vzduchu ve vzduchovém systému pískovacího zařízení I. ř. 742.* SOKV České Budějovice, 2009

Technická dokumentace hnacích vozidel řady 742

Interní dokumentace ČD Cargo a.s. KV s1-B 2009, příloha č.II

HRANOŠ, Vladimír. *Osobní sdělení.* ČD Cargo a.s., SOKV Ostrava, Ostrava.

FAMFULÍK, Jan. *Osobní sdělení.* VŠB-TU Ostrava, Ostrava.

HRANOŠ, Vladimír. *Osobní sdělení.* e-mail. 29.4.2011

Internetové zdroje

http://www.mdcr.cz/NR/rdonlyres/56766ABB-16AC-4675-B096-8F32AC75A23E/0/bezpecnostni_upozorneni_DU.pdf - přístup 11.12.2010

http://webak.upce.cz/~lata/konference/sbornik-clanky/121_126_kotrba_vasicek.pdf - přístup 11.12.2010

<http://www.pisky.cz/index1.htm> - přístup 20.12.2010

http://www.klein-ag.de/besandung_mobil2.htm - přístup 20.12.2010

<http://brnosim.wz.cz/clanky.php?id=1> – přístup 3.2.2011

DORDA, Michal. *Testování statistických hypotéz*. [online]. 45 s.

Dostupný z WWW: <http://www.342.vsb.cz/> – přístup 6.5.2011

<http://spisy.upv.cz/UtilityModels/FullDocuments/FDUM0019/uv019312.pdf> - přístup 20.12.2010

<http://spisy.upv.cz/EP/ep1612117.pdf> - přístup 20.12.2010

<http://spisy.upv.cz/UtilityModels/FullDocuments/FDUM0016/uv016648.pdf> - přístup 20.12.2010

<http://spisy.upv.cz/UtilityModels/FullDocuments/FDUM0021/uv021829.pdf> - přístup 4.5.2010

<http://www.ingstuksa.cz/product/regulator-tlaku-dr-34-5-000-lmin-25-bar-7878/> - přístup 2.5.2011